MÉMOIRES COURONNÉS

ET MÉMOIRES

des

SAVANTS ÉTRANGERS,

publiés par

l'Académie royale

des sciences,

des lettres et des beaux-arts

de Belgique.

TOME LIII

1894.

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE.

MÉMOIRES COURONNÉS

ET

MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS

PUBLIÉS PAR

L'ACADÉMIE ROYALE

DES SCIENCES, DES LETTRES ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE

TOME LIII



BRUXELLES

F. HAYEZ, IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES, DES LETTRES
ET DES BEAUX-ARTS DE BELGIQUE
rue de Louvain, 112

MAI 1893 — JUILLET 1894

TABLE

DES

MÉMOIRES CONTENUS DANS LE TOME LIII

CLASSE DES SCIENCES

CLASSE DES LETTRES

SUR
L'INTÉGRALE EULÉRIENNE
DE PREMIÈRE ESPÈCE

PAR

J. BEAUPAIN

INGÉNIEUR AU CORPS DES MINES
DOCTEUR EN SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES

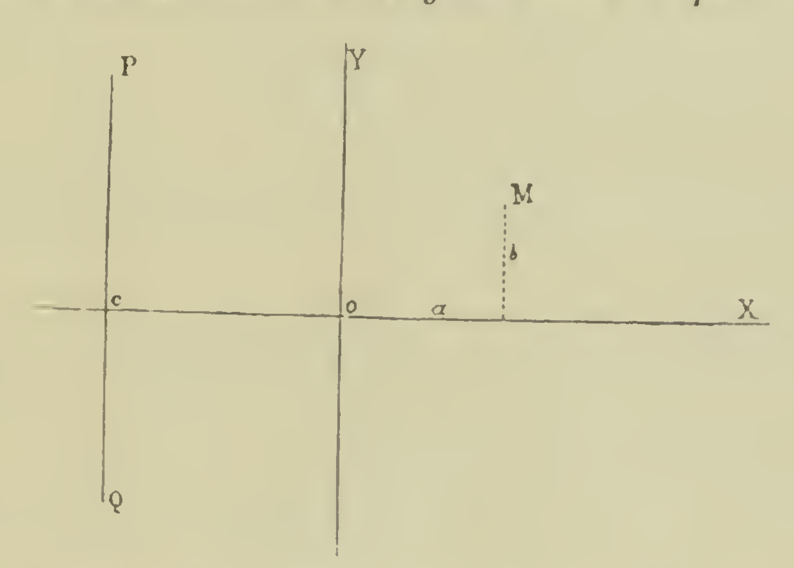
(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 10 mai 1892.)

SUR
L'INTÉGRALE EULÉRIENNE
DE PREMIÈRE ESPÈCE

Dans un travail, en cours de publication dans les *Annales de l'École normale supérieure de France* (*), nous avons montré que la fonction eulérienne de première espèce et l'inverse de cette fonction sont développables en séries convergentes, contenant un angle θ, compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ (inclusivement). Nous nous sommes servi d'un procédé indirect, fondé sur la considération des valeurs de certaines intégrales définies. Dans cette note, nous nous proposons de démontrer directement que ces fonctions sont exprimables par des séries convergentes, renfermant un angle θ arbitraire.

CHAPITRE PREMIER.

1. Théorème. *Si la distance* oc *est égale à* — 1 *et que* z *soit l'affixe d'un*



point M *de la région du plan, située à droite de la ligne* PQ, *parallèle à l'axe des* Y, *la série*

(1) . . . . $$T = \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{z}{k}_q \frac{1}{z+2k} \text{ (**)}$$

(*) 3e série, tome IX.

(**) Il est bien entendu que la série cesse d'avoir une valeur finie pour les points polaires dont l'existence ressort de la forme même de la fonction.

est absolument convergente dans cet espace, q *étant une constante quelconque, réelle ou imaginaire.*

Suivant l'usage, $\binom{z}{k}$ représente le coefficient binomial

$$\frac{z(z-1)(z-2)\ldots(z-k+1)}{1.2.3\ldots k}.$$

Soient $z = a + ib$, $q = \alpha + i\beta$, $k = l + n$, $a = l - \varepsilon$, l et n étant des nombres entiers et ε une quantité positive, inférieure à l'unité.

Le terme général de cette série peut être écrit sous la forme :

$$(2)\quad U_{k+2} = (-1)^{n+1}\frac{(l-\varepsilon+ib)(l-\varepsilon-1+ib)\ldots(\varepsilon-ib)(\varepsilon+1-ib)\ldots(\varepsilon+n-ib)}{1.2.3\ldots(l+n+1)}\,\frac{1}{2n+l+\alpha+\varepsilon+2+i(\beta-b)},$$

α étant pris en valeur absolue, si la série

$$(3)\quad S = \frac{\sqrt{(\varepsilon^2+b^2)\ldots[(\varepsilon+n-1)^2+b^2]}}{1.2.3\ldots n}\sum_{m=0}^{m=\infty}\frac{\sqrt{[(\varepsilon+n)^2+b^2]\ldots[(\varepsilon+n+m)^2+b^2]}}{(n+1)(n+2)\ldots(n+m+1)}\,\frac{1}{2n+2m-\alpha-l}$$

est convergente, la série (1) est absolument convergente.

Comparons la série (3) à la suite indéfinie

$$(4)\quad V = \frac{\eta(\eta+1)\ldots(\eta+n-1)}{1.2.3\ldots n}\sum_{m=0}^{m=\infty}\frac{(\eta+n)(\eta+n+1)\ldots(\eta+n+m)}{(n+1)(n+2)\ldots(n+m+1)}\,\frac{1}{2n+2m-\alpha-l},$$

laquelle est convergente, si η est un nombre inférieur à l'unité (*).

Si η est supérieur à ε, on peut toujours trouver un nombre fixe n, tel qu'à partir de cette valeur de n l'inégalité

$$\sqrt{(\varepsilon+n)^2+b^2} > \eta + n,$$

ou

$$(\eta^2-\varepsilon^2) + 2(\eta-\varepsilon)n - b^2 > 0,$$

soit constamment vérifiée.

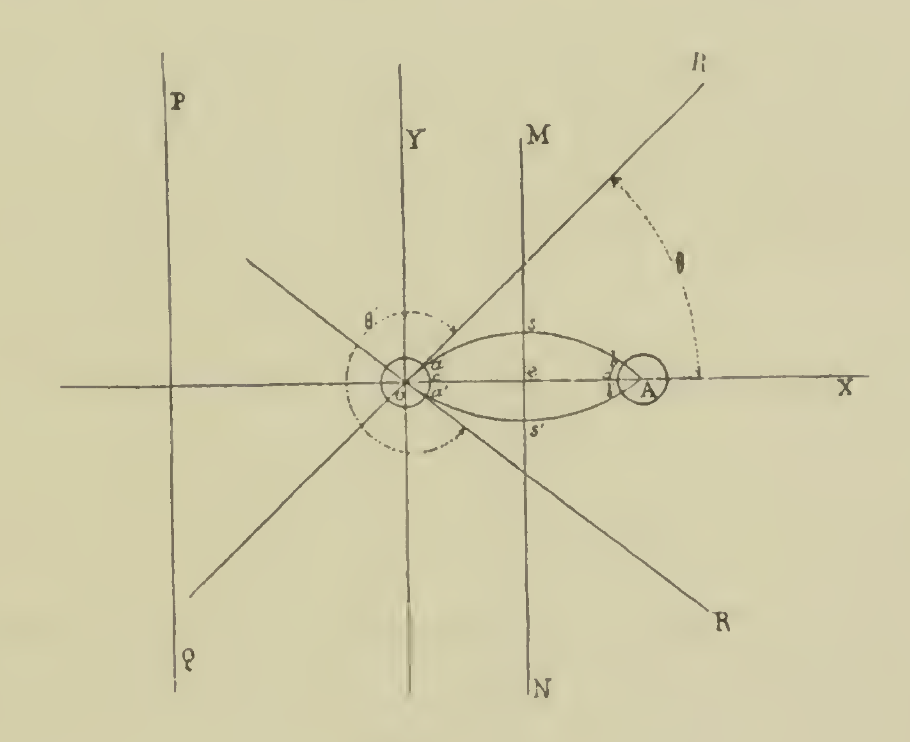
(*) Voir le travail intitulé : *Sur quelques formules de Calcul intégral* (MÉMOIRES in-4° DE L'ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE, t. LI).

Quelque petite que soit la différence $\eta - \varepsilon$, pourvu qu'elle soit finie et positive, il sera toujours possible de satisfaire à cette inégalité. Ainsi les termes de la série (3) seront inférieurs, en valeur absolue, à ceux d'une série convergente, dont tous les termes ont même signe; en conséquence, la série (3) est convergente, et la série (1) est absolument convergente.

2. Corollaire. *θ étant un angle réel arbitraire, les séries*

$$(5) \quad \ldots \quad S_1 = \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{z}{k} \frac{\cos(q \pm z + 2k)\theta}{q - z + 2k}, \qquad S_2 = \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{z}{k} \frac{\sin(q \pm z + 2k)\theta}{q - z + 2k},$$

sont absolument convergentes dans tout l'espace à droite de la ligne PQ.



3. Cela posé, considérons l'intégrale

$$(6) \quad \ldots \ldots \quad B\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \theta\right) = \int_0^{\infty} \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p} dz,$$

prise de 0 à l'infini suivant le rayon oR d'argument θ. Les nombres p et q satisfont aux conditions

$$p + q > 0, \quad p - q > 0.$$

Posons

$$u = \alpha + i\beta = \frac{z}{1+z} = \frac{xe^{i\theta}}{1+xe^{i\theta}},$$

d'où

$$(7) \quad \ldots\ldots \alpha = \frac{x^2 + x\cos\theta}{1 + 2x\cos\theta + x^2}, \quad \beta = \frac{x\sin\theta}{1 + 2x\cos\theta + x^2}$$

Des relations (7), on déduit

$$\left(\alpha - \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\beta + \frac{1}{2}\operatorname{cotg}\theta\right)^2 = \frac{1}{4\sin^2\theta},$$

équation d'un cercle tangent, à l'origine, au rayon vecteur oR et passant par le point A, dont l'abscisse est 1.

D'autre part, cette transformation conduit à la formule

$$\mathrm{B}\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \theta\right) = \int_0^1 u^{\frac{p+q}{2}-1}(1-u)^{\frac{p-q}{2}-1} du.$$

Ainsi, intégrer la fonction $\frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}$ suivant le rayon oR, revient à intégrer la fonction

$$\varphi(u) = u^{\frac{p+q}{2}-1}(1-u)^{\frac{p-q}{2}-1}$$

suivant l'arc osA.

Si θ est inférieur à π, la ligne d'intégration de la nouvelle variable est un arc de cercle situé au-dessus de l'axe des x. Le centre de ce cercle est sur la droite MN, au-dessous ou au-dessus de l'axe des x, selon que θ est compris dans le premier ou le deuxième quadrant.

Si θ surpasse π, le contour d'intégration est un arc de cercle situé au-dessous de l'axe des x.

Considérons de plus près cette transformation et, dans les relations (7), regardons x comme une constante, et θ comme une variable. On en tire facilement

$$\cos\theta = \frac{\alpha + (\alpha - 1)x^2}{x(1-2\alpha)}, \quad \sin\theta = \frac{\beta(1-x^2)}{x(1-2\alpha)};$$

donc,

$$(8) \quad \dots\dots\dots \quad \left(\alpha + \frac{x^2}{1-x^2}\right)^2 + \beta^2 = \frac{x^2}{(1-x^2)^2},$$

équation d'un cercle dont le centre est sur l'axe des x en un point, dont l'abscisse est $\frac{x^2}{x^2-1}$.

Ainsi, θ variant de 0 à 2π et x de 0 à 1, les points de l'arc os décrivent, dans le sens direct, des circonférences dont les rayons croissent de zéro à l'infini ; θ variant entre les mêmes limites et x de 1 à l'infini, les points du segment sA parcourent, dans le sens rétrograde, des circonférences dont les rayons décroissent de l'infini à zéro.

Entourons maintenant d'un lacet les points de ramification de la fonction $\varphi(u)$, c'est-à-dire les points définis par

$$u = 0 \quad \text{et} \quad u = 1.$$

$\varphi(u)$ étant holomorphe dans l'espace $casbd$, on aura

$$(ca) + (asb) + (bd) = (cd),$$

en désignant par la notation usuelle (S) l'intégrale prise suivant le contour S.

Les valeurs des intégrales curvilignes (ca) et (bd) sont infiniment petites. Effectivement, adoptons, pour arguments de u et de $1-u$, ceux qui sont nuls lorsque la variable est réelle et positive, et posons

$$1 - u = re^{-i\omega}.$$

Alors

$$(db) = ir^{\frac{p+q}{2}} \int_0^{\varphi} e^{-i\left(\frac{p+q}{2}\right)\omega} (1 - re^{-i\omega})^{\frac{p-q}{2}-1} d\omega,$$

$$(ca) = ir^{\frac{p+q}{2}} \int_0^{\varphi} e^{i\left(\frac{p+q}{2}\right)\omega} (1 - re^{i\omega})^{\frac{p-q}{2}-1} d\omega;$$

puis, en désignant par λ le facteur de M. Darboux,

$$(db) = \lambda r^{\frac{p+q}{2}} e^{-i\left(\frac{p+q}{2}\right)\psi} (1 - re^{-i\psi})^{\frac{p-q}{2}-1} \operatorname{arc} db,$$

$$(ca) = \lambda r^{\frac{p+q}{2}} e^{i\left(\frac{p+q}{2}\right)\psi'} (1 - re^{-i\psi'})^{\frac{p-q}{2}-1} \operatorname{arc} (ca);$$

ψ et ψ' sont des valeurs moyennes entre 0 et φ, 0 et φ'.

Le rayon r diminuant indéfiniment, les valeurs de ces intégrales curvilignes tendent vers zéro et, à la limite, il viendra

$$(9) \quad \ldots\ldots (osA) = B\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \theta\right) = \frac{\Gamma\left(\frac{p+q}{2}\right)\Gamma\left(\frac{p-q}{2}\right)}{\Gamma(p)},$$

Supposons maintenant que le rayon oR, tournant autour de l'origine dans le sens direct, vienne coïncider avec oR$'$. Comme nous venons de le dire, les points de l'arc os décriront des circonférences dans le sens direct et viendront coïncider avec les points de l'arc os'; les points de l'arc As décriront également des circonférences, mais dans le sens rétrograde; et l'arc As, par des déformations successives, se transformera en As'. En outre, sans altérer la valeur de $B\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \theta\right)$, on peut supposer que, θ se rapprochant indéfiniment de 2π, l'arc os'A tend à se confondre avec la droite oA. Dans les aires $ca's'l$, $ls'b'd$, $\varphi(u)$ étant holomorphe, on a les égalités

$$(ca') + (a's') + (s'l) = (cl),$$

$$(s'b') + (b'd) + (ls') = (lb).$$

Quand la variable u atteindra l'axe des x, les quantités $u^{\frac{p+q}{2}}$ et $(1-u)^{\frac{p-q}{2}}$ auront changé de détermination; elles seront respectivement multipliées par $e^{i(q+p)\pi}$, $e^{-i(p-q)\pi}$.

Ainsi,

$$B\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \theta\right) = \left\{ \begin{array}{l} [\cos(p+q)\pi + i\sin(p+q)\pi] \displaystyle\int_0^{\frac{1}{2}} x^{\frac{p+q}{2}-1}(1-x)^{\frac{p-q}{2}-1}dx \\ + [\cos(p-q)\pi - i\sin(p-q)\pi] \displaystyle\int_{\frac{1}{2}}^{1} x^{\frac{p+q}{2}-1}(1-x)^{\frac{p-q}{2}-1}dx; \end{array} \right.$$

ou, en posant, pour plus de simplicité,

$$M = \frac{\Gamma\left(\frac{p+q}{2}\right)\Gamma\left(\frac{p-q}{2}\right)}{\Gamma(p)},$$

$$N = \int_{\frac{1}{2}}^{1} x^{\frac{p+q}{2}-1}(1-x)^{\frac{p-q}{2}-1}dx,$$

(10) $B\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, 0\right) = [\cos(p+q)\pi + i\sin(p+q)\pi]M + 2[\sin p\pi \sin q\pi - i\sin p\pi\cos q\pi]N.$

Mais en posant $z = \rho e^{i\theta}$ et observant que $\int_0^\infty = \int_0^1 + \int_1^\infty$, on a

$$\int_0^\infty \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz = \int_0^{e^{i\theta}} \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz + \int_0^{e^{-i\theta}} \frac{z^{\frac{p-q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz.$$

On sait que $(1+z)^{-p}$ est développable en série convergente, procédant suivant les puissances ascendantes de z pour toutes les valeurs de la variable dont le module est inférieur à 1.

Si ρ est inférieur à 1,

(11) . . . . $$\int_0^{\rho e^{i\theta}} \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz = 2\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-p}{k}\frac{e^{(p+q+2k)i\frac{\theta}{2}}}{p+q+2k}\rho^{\frac{p+q+2}{2}}.$$

Nous venons de montrer que, si la partie réelle de p est supérieure à -1, les séries

$$T_1 = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{p}{k}\frac{\cos(q-p+2k)\theta}{q-p+2k}, \quad T_2 = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{p}{k}\frac{\sin(q-p+2k)\theta}{q-p+2k}$$

sont absolument convergentes, quel que soit θ. Or, les deux termes de l'égalité (11) sont des fonctions continues de ρ, constamment égales entre elles; donc, à la limite,

$$\int_0^{e^{i\theta}} \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz = 2\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-p}{k}\frac{e^{(p+q+2k)i\frac{\theta}{2}}}{p+q+2k}.$$

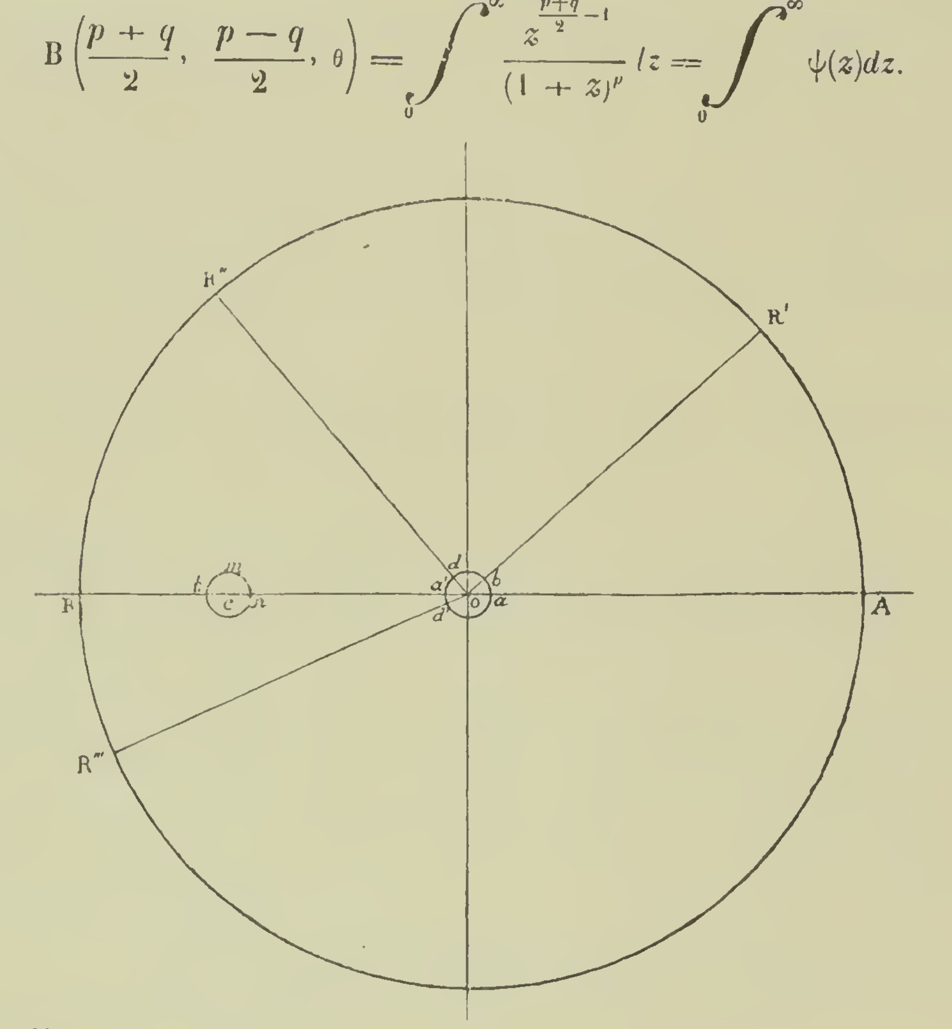
Des relations (9) et (10), en séparant la partie réelle de la partie imaginaire, nous concluons les formules fondamentales

$$
(12)\quad \begin{cases} M = 2\sum\limits_{k=0}^{k=\infty}\dbinom{-p}{k}\left[\dfrac{\cos(p+q+2k)\frac{\theta}{2}}{p+q+2k}+\dfrac{\cos(p-q+2k)\frac{\theta}{2}}{p-q+2k}\right] \\ 0 = \sum\limits_{k=0}^{k=\infty}\dbinom{-p}{k}\left[\dfrac{\sin(p+q+2k)\frac{\theta}{2}}{p+q+2k}-\dfrac{\sin(p-q+2k)\frac{\theta}{2}}{p-q+2k}\right]; \end{cases} \qquad (\pi \geqq \theta \geqq 0)
$$

$$
(13)\quad \begin{cases} M\cos(p+q)\pi + 2N\sin p\pi\sin q\pi = 2\sum\limits_{k=0}^{k=\infty}\dbinom{-p}{k}\left[\dfrac{\cos(p+q+2k)\frac{\theta}{2}}{p+q+2k}+\dfrac{\cos(p-q+2k)\frac{\theta}{2}}{p-q+2k}\right] \\ M\sin(p+q)\pi - 2N\cos q\pi\sin p\pi = 2\sum\limits_{k=0}^{k=\infty}\dbinom{-p}{k}\left[\dfrac{\sin(p+q+2k)\frac{\theta}{2}}{p+q+2k}+\dfrac{\sin(p-q+2k)\frac{\theta}{2}}{p-q+2k}\right]. \end{cases} \qquad (3\pi > \theta > \pi).
$$

4. *Remarque.* Reprenons la formule

$$
B\left(\frac{p+q}{2},\ \frac{p-q}{2},\ \theta\right) = \int_0^\infty \frac{z^{\frac{p+q}{2}-1}}{(1+z)^p}dz = \int_0^\infty \psi(z)dz.
$$



Entourons d'un lacet l'origine et le point $z = -1$; décrivons ensuite,

du point o comme centre, une circonférence d'un rayon très grand. Partons du point a, voisin de l'origine, avec une valeur bien déterminée de $\psi(z)$ et décrivons le contour $ab\mathrm{R}'\mathrm{R}''dba$; $\psi(z)$ sera finie, continue et monotrope dans l'aire ainsi définie, et l'on aura

$$(o\mathrm{R}'\infty) = (o\mathrm{R}''\infty) = (o\mathrm{A}\infty) = (oc\infty),$$

si nous convenons d'éviter le point critique c par un demi-cercle situé au-dessus de l'axe des x.

Mais dans l'aire $abda'nmt\mathrm{BR}''\mathrm{R}'\mathrm{R}'''d'a$, $\psi(z)$ ne sera plus monotrope; par suite, $\mathrm{B}\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \pi-\varepsilon\right)$ et $\mathrm{B}\left(\frac{p+q}{2}, \frac{p-q}{2}, \pi+\varepsilon\right)$ convergeront vers des limites différentes. Ainsi les formules (12) et (13) ne subsistent que pour les valeurs de θ, satisfaisant aux conditions énoncées.

5. Reprenons les formules (12) et (13) et, pour plus de simplicité dans les écritures, posons

$$\mathrm{P} = \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{-p}{k} \frac{2k+p}{(2k+p)^2 - q^2} \cos(2k+p)\frac{\theta}{2},$$

$$\mathrm{Q} = \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{-p}{k} \frac{\sin(2k+p)\frac{\theta}{2}}{(2k+p)^2 - q^2}.$$

Faisons observer encore que les séries contenues dans les relations (12) et (13) sont absolument convergentes, et qu'on peut en grouper arbitrairement les termes. Ainsi,

$$(14) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \left\{\begin{aligned} \mathrm{M} &= 4\cos q\frac{\theta}{2}\mathrm{P} + 4q\sin q\frac{\theta}{2}\mathrm{Q};\\ 0 &= 4\sin q\frac{\theta}{2}\mathrm{P} - 4q\cos q\frac{\theta}{2}\mathrm{Q};\end{aligned}\right.$$

$$(15) \quad \ldots \quad \left\{\begin{aligned} \mathrm{M}\cos(p+q)\pi + 2\mathrm{N}\sin p\pi\sin q\pi &= 4\cos q\frac{\theta}{2}\mathrm{P} + 4q\sin q\frac{\theta}{2}\mathrm{Q};\\ \mathrm{M}\sin(p+q)\pi - 2\mathrm{N}\cos q\pi\sin p\pi &= 4\sin q\frac{\theta}{2}\mathrm{P} - 4q\cos q\frac{\theta}{2}\mathrm{Q}\end{aligned}\right.$$

De ces formules, on déduit :

$$(16) \quad \ldots \ldots \quad \begin{cases} M = \dfrac{4P}{\cos q\dfrac{\theta}{2}}, \quad M = \dfrac{4q}{\sin q\dfrac{\theta}{2}} Q; \\ M = \dfrac{4\cos q\left(\pi - \dfrac{\theta}{2}\right)}{\cos p\pi} P - \dfrac{4q \sin q\left(\pi - \dfrac{\theta}{2}\right)}{\cos p\pi} Q; \end{cases}$$

ou, par une transformation simple et par le changement de p en $-p$, p étant maintenant une quantité essentiellement négative et supérieure à -1,

$$(17) \quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma\left(\dfrac{q-p}{2}\right)\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\dfrac{q+p}{2}\right)} = \frac{\sin(p+q)\dfrac{\pi}{2}}{\sin p\pi \cos q\dfrac{\theta}{2}} \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{p}{k} \frac{2k-p}{(2k-p)^2-q^2} \cos(2k-p)\frac{\theta}{2},$$

$$(18) \quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma\left(\dfrac{q-p}{2}\right)\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\dfrac{q+p}{2}\right)} = \frac{q\sin(p+q)\dfrac{\pi}{2}}{\sin p\pi \sin q\dfrac{\theta}{2}} \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{p}{k} \frac{\sin(2k-p)\dfrac{\theta}{2}}{(2k-p)^2-q^2},$$

$$(19) \quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma\left(\dfrac{q-p}{2}\right)\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\dfrac{q+p}{2}\right)} = \frac{\sin(p+q)\dfrac{\pi}{2}}{\sin p\pi \cos p\pi}\left[\cos q\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right) V_1 - 4q \sin q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right) V_2\right],$$

où nous avons posé

$$(20) \quad \ldots \ldots \quad \begin{cases} V_1 = \displaystyle\sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{p}{k} \frac{2k-p}{(2k-p)^2-q^2} \cos(2k-p)\frac{\theta}{2}, \\ V_2 = \displaystyle\sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{p}{k} \frac{\sin(2k-p)\dfrac{\theta}{2}}{(2k-p)^2-q^2}. \end{cases}$$

q étant quelconque et p étant l'affixe d'un point de la partie du plan, située

à droite de la ligne PQ (fig. 1), les séries (20) représentent des fonctions uniformes de p, n'ayant de discontinuités qu'en des points isolés. D'après le théorème de Riemann, toute fonction donnée le long d'une ligne de grandeur finie, ne peut être étendue au delà que d'une seule manière, si on lui impose la condition d'être uniforme et de n'avoir des discontinuités qu'en des points isolés. Donc, quel que soit q, les égalités (17), (18) et (19) doivent subsister, sous la condition cependant que la partie réelle de p soit supérieure à -1.

Posons maintenant

$$\frac{q+p}{2} = a + x, \quad \frac{q-p}{2} = x,$$

d'où

$$p = a, \quad q = a + 2x.$$

Les formules (17), (18) et (19) se transforment en les suivantes :

$$(21) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+x)} &= \frac{(a+x)(a+2x)\sin(a+x)\pi}{a\sin(a+2x)\frac{\theta}{2}\sin a\pi}\,Q, \\ \frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+x)} &= \frac{(a+x)\sin(a+x)\pi}{a\cos(a+2x)\frac{\theta}{2}\sin a\pi}\,P. \end{aligned} \right. \qquad (\pi \geqq \theta \geqq 0)$$

$$(22) \quad \left\{ \begin{aligned} \frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+x)} = \frac{(a+x)\sin(a+x)\pi}{a\sin a\pi\cos a\pi}\left[\cos(a+2x)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)P - (a+2x)\sin(a+2x)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)P\right]. \\ 3\pi > \theta > \pi. \end{aligned} \right.$$

$$(23) \quad \left\{ \begin{aligned} P &= \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{a}{k} \frac{2k-a}{(k+x)(k-a-x)} \cos(2k-a)\frac{\theta}{2}, \\ Q &= \sum_{k=0}^{k=\infty} \binom{a}{k} \frac{\sin(2k-a)\frac{\theta}{2}}{(k+x)(k-a-x)}. \end{aligned} \right.$$

Dans ces formules, a est une constante dont la partie réelle est supérieure

à — 1. Si cette condition n'était pas remplie, on modifierait sans difficulté aucune les formules précédentes (*).

6. Cherchons le résidu pour le pôle défini par l'équation

$$k + x = 0,$$

et faisons usage de la formule (22). Nommons R_k ce résidu :

$$R_k = \binom{a}{k} \frac{(a-k)\sin(a-k)\pi}{a \sin a\pi \cos a\pi} \left[\cos(a-2k)\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right)\cos(2k-a)\frac{\theta}{2} + \sin(a-2k)\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right)\sin(2k-a)\frac{\theta}{2} \right],$$

$$R_k = \binom{a}{k} \frac{(a-k)\sin(a-k)\pi}{a \sin a\pi \cos a\pi} \left[\cos\left[(a-2k)\left(\pi - \frac{\theta}{2}\right) - (2k-a)\frac{\theta}{2}\right] \right],$$

ou

$$R_k = (-1)^k \frac{(a-1)(a-2)\dots(a-k)}{1.2.3\dots k}.$$

7. Généralement, si θ varie entre les limites $(2n-1)\pi$ et $(2n+1)\pi$ (exclusivement), la variable u aura fait n tours autour des points critiques o et A; les quantités $u^{\frac{p+q}{2}}$, $(1-u)^{\frac{p-q}{2}}$ seront respectivement multipliées par $e^{in(p+q)\pi}$, $e^{-in(p-q)\pi}$. La formule (22) deviendra ainsi

$$(24)\quad \frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+x)} = \frac{(a+x)\sin(a+x)\pi}{a \sin a\pi \cos na\pi} \left[\cos\left[(a+2x)\left(n\pi - \frac{\theta}{2}\right)\right] P - (a+2x)\sin\left[(a+2x)\left(n\pi - \frac{\theta}{2}\right)\right] Q \right]$$

$$(2n+1)\pi > \theta > (2n-1)\pi.$$

8. En résumé, nous venons de montrer que la fonction eulérienne $B(a, x)$ est développable en une série convergente, contenant un angle θ, satisfaisant aux conditions

$$(25)\quad \dots\dots\dots \quad \theta = (2n \pm 1)\pi + \alpha, \quad \pi \overline{\overline{>}} \alpha > 0.$$

Toutefois, α peut être supposé nul, si n est égal à 0.

(*) Voir le *Cours d'analyse* professé à la Sorbonne par M. Ch. Hermite, 3e édition, p. 135.

9. *Remarque* I. Dans les formules (21), faisons $\theta = \pi$:

$$(26)\left\{\begin{aligned}
\frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+a)} &= -\frac{(a+x)(a+2x)\sin(a+x)\pi \sin a\frac{\pi}{2}}{a\sin(a+2x)\frac{\pi}{2}\sin a\pi}\sum_{k=1}^{k=\infty}(-1)^k\binom{a}{k}\frac{1}{(k+x)(k-a-x)},\\
\frac{\Gamma(a)\Gamma(x)}{\Gamma(a+x)} &= \frac{(a+x)\sin(a+x)\pi\cos a\frac{\pi}{2}}{a\cos(a+2x)\frac{\pi}{2}\sin a\pi}\sum_{k=0}^{k=\infty}(-1)^k\binom{a}{k}\frac{2k-a}{(k+x)(k-a-x)}\ (^*).
\end{aligned}\right.$$

Remarque II. Des relations (14) nous avons tiré

$$M = \frac{4}{\cos q\frac{\theta}{2}}P,\quad M = \frac{4q}{\sin q\frac{\theta}{2}}Q$$

Pour que ces formules subsistent simultanément, il faut, de toute nécessité, que $\cos q\frac{\theta}{2}$ et $\sin q\frac{\theta}{2}$ diffèrent de 0.

Ainsi, suivant que $\cos(a+2x)\frac{\theta}{2}$ ou $\sin(a+2x)\frac{\theta}{2}$ sera nul, on devra recourir soit à la première, soit à la seconde des formules (21).

(*) Dans notre rédaction primitive, une faute de calcul nous était échappée. Sur une objection, présentée par M. Catalan, nous avons rectifié l'une des formules (26).

CHAPITRE II.

10. Dans le travail déjà cité, nous avons fait voir que l'inverse de la fonction eulérienne peut être aussi développée en une série convergente, renfermant un angle θ, compris entre 0 et $\frac{\pi}{2}$ (inclusivement). Nous allons généraliser ce résultat.

Les formules (17), (18) et (19) peuvent être écrites sous la forme

$$(27)\quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\frac{q+p}{2}\right)\Gamma\left(1+\frac{p-q}{2}\right)}=\frac{\sin(q-p)\frac{\pi}{2}\sin(p+q)\frac{\pi}{2}}{\pi\sin p\pi\cos q\frac{\theta}{2}}\,\mathrm{P};$$

$$(28)\quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\frac{q+p}{2}\right)\Gamma\left(1+\frac{p-q}{2}\right)}=\frac{q\sin(p-q)\frac{\pi}{2}\sin(p+q)\frac{\pi}{2}}{\pi\sin p\pi\sin q\frac{\theta}{2}}\,\mathrm{Q};$$

$$(29)\quad \frac{1}{4}\frac{\Gamma(1+p)}{\Gamma\left(1+\frac{q+p}{2}\right)\Gamma\left(1+\frac{p-q}{2}\right)}=\frac{\sin(q-p)\frac{\pi}{2}\sin(p+q)\frac{\pi}{2}}{\pi\sin p\pi\cos p\pi}\left[\cos q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\mathrm{P}-4q\sin q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\mathrm{Q}\right].$$

Nous désignons toujours par P et Q les séries convergentes

$$\mathrm{P}=\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{p}{k}\frac{2k-p}{(2k-p)^2-q^2}\cos(2k-p)\frac{\theta}{2},\qquad \mathrm{Q}=\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{p}{k}\frac{\sin(2k-p)\frac{\theta}{2}}{(2k-p)^2-q^2}.$$

Posons maintenant

$$\frac{p+q}{2}=x,\quad \frac{p-q}{2}=a,$$

d'où

$$p=a+x,\quad q=x-a.$$

Il viendra

$$(50)\left\{\begin{aligned}
\frac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} &= -\frac{ax\sin\pi x\sin a\pi}{\pi(a+x)\sin(a+x)\pi\cos(x-a)\frac{\theta}{2}}\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{2k-a-x}{(k-x)(k-a)}\cos(2k-a-x)\frac{\theta}{2};\\
\frac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} &= -\frac{ax(x-a)\sin\pi x\sin a\pi}{\pi(x+a)\sin(x+a)\pi\sin(x-a)\frac{\theta}{2}}\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{\sin(2k-a-x)\frac{\theta}{2}}{(k-x)(k-a)}\\
&\qquad \pi \geqq \theta \geqq 0.
\end{aligned}\right.$$

$$(51)\left\{\begin{aligned}
\frac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} = -\frac{ax\sin a\pi\sin\pi x}{\pi(a+x)\sin(a+x)\pi\cos(x+a)\pi}&\left[\begin{aligned}&\cos\left[(x-a)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{2k-a-x}{(k-x)(k-a)}\cos(2k-a-x)\frac{\theta}{2}\\
&-(x-a)\sin\left[(x-a)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{\sin(2k-a-x)\frac{\theta}{2}}{(k-x)(k-a)}\end{aligned}\right]\\
3\pi > \theta > \pi.&
\end{aligned}\right.$$

Généralement, si θ est compris entre $(2n-1)\pi$ et $(2n+1)\pi$, on aura

$$(52)\left\{\begin{aligned}
\frac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} = -\frac{ax\sin a\pi\sin\pi x}{\pi(a+x)\sin(a+x)\pi\cos n(x+a)\pi}&\left[\begin{aligned}&\cos\left[(x-a)\left(n\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{2k-a-x}{(k-x)(k-a)}\cos(2k-a-x)\frac{\theta}{2}\\
&-(x-a)\sin\left[(x-a)\left(n\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]\sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{a+x}{k}\frac{\sin(2k-a-x)\frac{\theta}{2}}{(k-x)(k-a)}\end{aligned}\right]\\
(2n+1)\pi > \theta > (2n-1)\pi.&
\end{aligned}\right.$$

Dans ces formules, $a+x$ représentera l'affixe d'un point situé dans la région du plan à droite de la ligne PQ.

11. On peut également trouver pour l'inverse de la fonction eulérienne de première espèce des développements analogues à ceux que nous avons donnés pour cette fonction.

A cet effet, reprenons la formule (16) :

$$\frac{1}{4}\frac{\Gamma\left(\frac{p+q}{2}\right)\Gamma\left(\frac{p-q}{2}\right)}{\Gamma(p)} = \frac{\cos q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)}{\cos p\pi}\,P - \frac{q\sin q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)}{\cos p\pi}\,Q,$$

que nous pouvons encore écrire ainsi :

$$\frac{1}{4}\frac{\Gamma\left(\frac{p+q}{2}\right)}{\Gamma(p)\Gamma\left(1+\frac{q-p}{2}\right)} = \frac{\sin(p-q)\frac{\pi}{2}}{\cos p\pi}\left[\cos q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)P - q\sin q\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)Q\right],$$

$$P = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-p}{k}\frac{2k+p}{(2k+p)^2-q^2}\cos(2k+p)\frac{\theta}{2},\quad Q = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-p}{k}\frac{\sin(2k+p)\frac{\theta}{2}}{(2k-p)^2-q^2}.$$

Faisons maintenant

$$\frac{q+p}{2} = a + x,\quad \frac{q-p}{2} = x,$$

d'où

$$p = a,\quad q = a + 2x.$$

$$(33)\quad \begin{cases} \dfrac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} = -\dfrac{x\sin\pi x}{\pi\cos a\pi}\left[\cos\left[(a+2x)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]P - (a+2x)\sin\left[(a+2x)\left(\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]Q\right], \\ 3\pi > \theta > \pi. \end{cases}$$

D'une manière générale

$$(34)\quad \begin{cases} \dfrac{\Gamma(a+x)}{\Gamma(a)\Gamma(x)} = -\dfrac{x\sin\pi x}{\pi\cos a\pi}\left[\cos\left[(a+2x)\left(n\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]P - (a+2x)\sin\left[(a+2x)\left(n\pi-\frac{\theta}{2}\right)\right]Q\right] \\ (2n+1)\pi > \theta > (2n-1)\pi, \end{cases}$$

où nous désignons par P et Q les séries convergentes

$$(35)\quad \left\{ P = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-a}{k}\frac{(2k+a)}{(k-x)(k+a+x)}\cos(2k+a)\frac{\theta}{2},\quad Q = \sum_{k=0}^{k=\infty}\binom{-a}{k}\frac{\sin(2k+a)\frac{\theta}{2}}{(k-x)(k+a+x)}. \right.$$

Dans ces formules, a est une constante dont la partie réelle est comprise entre 0 et 1.

RECHERCHES D'ANATOMIE COMPARÉE

SUR LES

AXES FRUCTIFÈRES DES PALMIERS

PAR

HENRI MICHEELS

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 4 juin 1892.)

INTRODUCTION

Les premiers travaux sur l'anatomie comparée des axes florifères et des axes fructifères ne remontent pas très loin. A part quelques données éparses dans deux traités généraux, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen* [1], le célèbre ouvrage de Schwendener, et *Physiologische Pflanzenanatomie* [2], de G. Haberlandt, le savant professeur autrichien, on ne possédait, en 1884, que fort peu de notions sur ce sujet d'études.

Précédemment, et pour des cas spéciaux, Chatin [3] et Van Tieghem [4] avaient bien fait connaître certaines particularités de structure des pédoncules, mais c'est incontestablement à Laborie que revient le mérite d'avoir, le premier, tenté d'établir d'une manière générale les caractères distinctifs des pédoncules, des axes ordinaires et des pétioles. Sa première note a été publiée en 1883 [5]; mais, en 1884, elle a été complétée par de nouvelles recherches [6].

L'année suivante, J. Trautwein et, en 1886, F. Besser, dans leurs thèses inaugurales, donnent les résultats de leurs études, l'un sur l'anatomie des

[1] Leipzig, Engelmann, 1874.

[2] Leipzig, Engelmann, 1884.

[3] Chatin, *Anatomie comparée des végétaux*. Paris, 1856-1886.

[4] Van Tieghem, *Recherches sur la structure des Aroïdées* (Ann. des sc. nat., 5e sér., t. VI).

[5] *Comptes rendus*, 1883, 2e semestre, p. 342.

[6] *Ibid.*, 1884, 2e semestre, p. 1086.

rameaux annuels et des axes florifères [1], l'autre sur l'histoire du développement ainsi que l'anatomie comparée des axes florifères et fructifères [2].

A la même époque, en 1886, O. Klein [3] s'occupe des axes d'inflorescences en s'appliquant surtout à confirmer et à étendre certains principes posés par Haberlandt et Laborie.

En 1887, Dennert examine ce qu'il appelle la métamorphose anatomique des axes d'inflorescences [4], et la même année, Reiche, confirmant les travaux de Trautwein, Klein et Dennert, relève quelques particularités intéressantes pour la biologie de ces organes [5].

Enfin, en 1888, Laborie publie ses importantes *Recherches sur l'anatomie des axes floraux* [6].

Prises dans leur ensemble, toutes les publications que je viens d'énumérer ont pour objet : d'une part, de relever les différences biologiques que présentent les axes végétatifs, les axes florifères ainsi que les axes fructifères, et de comparer les axes florifères ou fructifères entre eux; d'autre part, de montrer les rapports d'ordre quantitatif des mêmes tissus, soit dans toute l'étendue d'un même axe florifère ou fructifère, ou dans le même axe à l'époque de la floraison et à celle de la maturation des fruits, ou encore dans les axes d'ordres différents.

[1] J. Trautwein, *Ueber Anatomie einjähriger Zweige und Blütenstandsachsen*. Inaugural-Dissertation. Halle-sur-Saale, 1885.

[2] F. Besser, *Beitrag zur Entwickelungsgeschichte und vergleichenden Anatomie von Blüten und Fruchtstielen*. Inaugural-Dissertation. Lössnitz, 1886.

[3] O. Klein, *Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzachsen* (Jahrbuch des königlichen botanischen Gartens und des botanischen Museums zu Berlin. Vol. IV, 1886, pp. 333-363).

[4] E. Dennert, *Die anatomische Metamorphose der Blütenstandsachsen* (Wigand's botanische Hefte, II, 1887, pp. 128-217, pl. IV).

[5] Reiche, *Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzachsen* (Berichte der Deutschen Botanischen Gesellschaft in Berlin. Vol. V, 1887, pp. 310-318).

[6] Thèse présentée à la Faculté des Sciences de Paris. Toulouse, 1888.

Il n'y a pas lieu d'insister, me semble-t-il, sur l'importance pratique des recherches d'anatomie comparée qui permettent de rendre plus précises les diagnoses spécifiques. Dans la famille des Palmiers, où les confusions sont nombreuses et les caractères externes souvent assez difficiles à saisir, elles pourront, dans certains cas, fournir d'utiles indications.

Mais, avec le présent mémoire, j'ai surtout voulu apporter une contribution à l'étude anatomique des axes fructifères. En 1888, Laborie faisait remarquer qu'il n'existait aucun travail d'ensemble sur l'anatomie des axes florifères et que la plupart des traités de botanique ne s'occupaient même pas de l'organisation de ces organes. Cette remarque, actuellement, est toujours applicable aux axes fructifères, et pour arriver à établir des faits généraux, il faudra encore de nombreuses études.

Enfin, il m'a paru aussi qu'il conviendrait d'étudier les variations de structure que présentent les axes fructifères dans une famille n'ayant pas d'étroite affinité avec une autre. Les axes fructifères examinés se prêtaient particulièrement bien à des observations de ce genre, car les Palmiers forment une famille nettement circonscrite qui ne se rattache étroitement à aucune autre.

J'ai eu l'occasion d'effectuer des recherches sur trente-deux espèces et variétés appartenant à dix-neuf genres. Les noms de ces plantes figurent dans le tableau qui va suivre. Les genres y sont énumérés suivant l'ordre adopté par Th. Durand, dans son *Index generum phanerogamorum*, et les espèces y sont rangées par ordre alphabétique.

Areca Madagascariensis Mart.
— *triandra* Roxb.
— — var. *bancana* Scheff.
Pinanga disticha Bl.
— *Kuhlii* Bl.
Pinanga patula Bl.
— — forma *Sumatræ*.
— *ternatensis* Scheff.
Nenga Wendlandiana Scheff.
Actinorhytis Calapparia Wendl. et Drude.

Ptychosperma angustifolia Bl.
— *elegans* Bl.
— *Teysmanniana.*
Cyrtostachys Renda Bl.
Drymophlœus Ceramensis Miq.
Ptychandra glauca Scheff.
Euterpe oleracea Mart.
Oreodoxa regia Kth.
Heterospatha elata Scheff.
Didymosperma porphyrocarpum Wendl. et Drude.
Caryota sobolifera Wall.
Caryota sp. Manille.
— sp. Siam.
Orania macrocladus Mart.
— *Philippinensis* Scheff.
Phœnix dactylifera L.
Acanthorhiza aculeata Wendl.
Licuala amplifrons Miq.
— *elegans* Bl.
Bactris major Jacq.
— *Maraja* Mart.
Cocos plumosa Hook.

Toutes mes plantes, sauf une (*Phœnix dactilifera* L.), proviennent de l'Archipel Indien.

La première partie du présent travail comprend des diagnoses spécifiques. Dans la seconde, on trouvera l'énoncé de considérations générales.

C'est grâce à la généreuse obligeance de M. le Dr Treub que je possédais les éléments de ce mémoire. Le savant directeur du Jardin botanique de Buitenzorg (Java) avait eu l'aimable complaisance de me faire envoyer les matériaux que nécessite l'étude de l'embryologie des Palmiers, travail que j'ai entrepris depuis longtemps déjà. J'ai utilisé ici les axes portant les fleurs fécondées et les fruits qui me servent dans mes recherches d'embryologie. Je me fais un devoir d'adresser à l'illustre savant hollandais l'expression de ma très vive gratitude.

Je prie aussi M. le professeur Gravis, de l'Université de Liége, d'agréer mes sincères remerciements pour les indications que j'ai reçues de lui, pour les nombreux services qu'il m'a rendus et pour sa bienveillante hospitalité, pendant mes vacances, à l'Institut botanique placé sous sa direction.

RECHERCHES D'ANATOMIE COMPARÉE

SUR LES

AXES FRUCTIFÈRES DES PALMIERS

PREMIÈRE PARTIE

DIAGNOSES SPÉCIFIQUES

Dans la famille des Palmiers, les fruits sont insérés sur des axes dont le rang varie nécessairement avec le genre d'inflorescence. J'ai examiné les axes de l'ordre le plus élevé, c'est-à-dire ceux qui portent directement les fruits, ces derniers ayant atteint la maturité.

Chez toutes les plantes étudiées, les fruits sont enfoncés dans ces axes, et ceux-ci présentent, après le départ des fruits, des entailles plus ou moins profondes et de formes variées. Souvent ces entailles, disposées en spirale, sont très rapprochées les unes des autres, et toute section transversale pratiquée dans l'organe en rencontre forcément une ou plusieurs.

Des coupes transversales successives dans les axes examinés nous montrent que leur structure est assez uniforme dans toute leur étendue. Seules les régions d'insertion des fruits apportent certaines perturbations. Lorsque les axes portent des fruits très nombreux, il est donc impossible de s'affranchir de ces modifications histologiques; mais, comme celles-ci revêtent généralement partout les mêmes caractères, il devient facile de reconnaître les portions contiguës aux cicatrices laissées par les fruits. Dans la plupart des cas, il suffira même de comparer la forme générale de la section transversale à celle de l'organe. Je négligerai donc ces particularités de structure dans les sections transversales moyennes que je vais décrire.

Il est à peine nécessaire d'ajouter que je me suis attaché à rendre les diagnoses aussi brèves que possible, afin de passer plus rapidement aux conclusions que mon travail entraîne.

Dans les axes fructifères des Palmiers, outre l'assise épidermique, on observe un hypoderme, et le tissu fondamental, souvent très développé, est parcouru par des massifs scléreux et des faisceaux libéro-ligneux. Après avoir indiqué la forme générale de la section transversale moyenne, je donnerai, en quelques mots, les caractères des divers tissus.

Areca Madagascariensis Mart.

Cercle coupé par deux sécantes non parallèles et inégalement distantes du centre (voir fig. 1).

Épiderme : petites cellules quadrilatérales, plus larges que profondes, à cuticule lisse, peu épaisse et à parois latérales légèrement sclérifiées, à cloison externe presque rectiligne (vues de face, ces cellules sont hexagonales et légèrement étirées transversalement); absence de poils.

Hypoderme : 1-2 rangées d'éléments à parois légèrement épaissies; dans l'assise sous-jacente à l'épiderme, cellules pentagonales ou hexagonales allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : homogène; petites cellules ovales à parois minces, laissant entre elles des méats triangulaires ou quadrangulaires, fréquemment disposées en séries radiales; grandes cellules cristalligènes ovales à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; quelques sclérites arrondies et petit nombre de massifs scléreux, composés de cellules polygonales à parois plus épaissies que celles des éléments du croissant extérieur [1] des faisceaux libéro-ligneux.

[1] Chez les Palmiers, les faisceaux libéro-ligneux sont entourés d'un fourreau scléreux, dont la portion qui regarde l'extérieur de l'organe, diffère souvent, au point de vue histologique, de la partie tournée vers l'intérieur. Sur une section transversale, ces deux portions du fourreau forment deux croissants dont les pointes se rejoignent à la limite du bois et du liber. Dans un précédent travail *, j'ai appelé *croissant extérieur* celui qui est appliqué contre le liber, et *croissant intérieur* celui qui limite intérieurement le bois.

* HENRI MICHEELS, *Recherches sur les jeunes Palmiers* (MÉMOIRES COURONNÉS ET MÉMOIRES DES SAVANTS ÉTRANGERS, publiés par l'Académie royale de Belgique, 1889, t. LI, p. 25).

Faisceaux libéro-ligneux : peu nombreux; les plus grands, soudés par leur fourreau scléreux, forment un anneau fort étroit, plusieurs fois interrompu; fourreau scléreux à deux croissants; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 6-7 rangées d'éléments polygonaux, à parois assez épaissies dans le croissant extérieur, à parois beaucoup plus minces dans le croissant intérieur; liber fort peu développé; certains éléments de la gaîne scléreuse semblent appartenir au liber; 1-2 grands vaisseaux ovales, à diamètre excessivement prédominant; quelques vaisseaux très petits, ovales ou circulaires; parenchyme ligneux assez développé.

Areca triandra Roxb.

Ellipse présentant une entaille plus ou moins forte à chacune des extrémités du grand axe.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule peu épaissie et à parois latérales légèrement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont carrées); certaines cellules épidermiques forment de légères saillies, dont la paroi externe est épaissie, et parfois ces saillies s'isolent du reste de la cellule par une cloison épaissie, parallèle à la surface.

Hypoderme : une rangée de petites cellules pentagonales ou hexagonales, isodiamétriques, à parois minces.

Tissu fondamental : homogène; petites cellules ovales à parois minces; massifs scléreux assez nombreux, composés d'éléments présentant la même épaisseur que les cellules du croissant extérieur des faisceaux libéro-ligneux.

Faisceaux libéro-ligneux : libres; peu nombreux; à tendance centripète peu accusée; fourreau scléreux à deux croissants; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 3-4 rangées d'éléments à parois assez épaissies dans le croissant extérieur, à parois presque minces dans le croissant intérieur; liber fort peu développé; 1-2 grands vaisseaux, ronds ou ovales, à diamètre prédominant; quelques vaisseaux assez grands, ovales ou polygonaux; parenchyme ligneux assez développé.

Areca triandra var. *bancana* Scheff.

Ellipse présentant une entaille plus ou moins forte à chacune des extrémités du grand axe.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à parois externe et latérales épaissies (vues de face, ces cellules sont carrées ou pentagonales et isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : une rangée de cellules polygonales, isodiamétriques, à parois minces.

Tissu fondamental : homogène; cellules plus petites, ovales ou arrondies, à parois minces, parfois en séries radiales; massifs scléreux fort nombreux, composés de cellules à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et fort nombreux, à tendance centripète fort peu accusée; fourreau scléreux à deux croissants; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 5-6 rangées d'éléments, à parois assez épaissies dans le croissant extérieur, à parois presque minces dans le croissant intérieur; liber plus développé; 1-2 grands vaisseaux, ronds ou ovales, à diamètre prédominant; vaisseaux ovales assez grands et assez nombreux; parenchyme ligneux assez développé.

Pinanga disticha Bl. [1].

Ellipse présentant deux fortes entailles plus ou moins arrondies, placées de part et d'autre du grand axe et faisant un certain angle entre elles.

Épiderme : très grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, aussi profondes que larges, à parois externe et latérales assez fortement sclérifiées, à cloison externe souvent anguleuse (vues de face, ces cellules sont assez

[1] Le *Pinanga disticha* Bl., a pour synonymie : *Ptychosperma disticha* Bl., *Pinanga bifida* Bl., *Areca humilis* Roxb., *A. bifida* Roxb., *Seaforthia* Mart., *Ptychosperma disticha* et *simplicifrons* Miq. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 253).

grandes, pentagonales ou hexagonales, légèrement étirées longitudinalement); absence de poils.

Hypoderme : une rangée de cellules quadrilatérales à parois minces, souvent allongées dans le sens du rayon et parfois divisées tangentiellement.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, grandes cellules polygonales ou utriformes, à parois minces, allongées dans le sens du rayon; lacunes formées par dissociation de certains éléments; dans la région interne, occupée par les faisceaux libéro-ligneux, cellules beaucoup plus petites, ovales ou rondes, à parois épaissies, sauf entre les groupes formés par les faisceaux; très grandes cellules cristalligènes ovales, à raphides courtes disposées perpendiculairement à l'axe de figure de l'organe; petit nombre de massifs scléreux, formés d'éléments polygonaux peu nombreux dont les parois possèdent la même épaisseur que les cellules du croissant extérieur des faisceaux libéro-ligneux.

Faisceaux libéro-ligneux : nombreux; formant un cordon central assez large, de forme elliptique, présentant de nombreuses découpures; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 4-5 rangées d'éléments fortement épaissis, à lumen ovale; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 rangées de cellules plus grandes et à parois beaucoup moins épaissies; liber assez développé, souvent divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; certains éléments sclérifiés du croissant extérieur semblent appartenir au liber; 1-2 grands vaisseaux ovales, à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux assez petits, ovales ou polygonaux; parenchyme ligneux très développé.

Pinanga Kuhlii Bl. [1].

Quadrilatère, dont un angle est coupé par une forte entaille.

Épiderme : grandes cellures quadrilatérales ou pentagonales, aussi larges que profondes, à cloison externe fort bombée, à épaississement en C, n'in-

[1] Le *Pinanga Kuhlii* Bl. a pour synonymie : *Seaforthia* Mart., *Ptychosperma* Miq., *Areca globulifera* Lam. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 253).

téressant les parois latérales que sur une partie de leur surface (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales ou pentagonales, non étirées vers le sommet de l'organe); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : une rangée de grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, à parois minces, allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, grandes cellules ovales ou polygonales, à parois minces, allongées dans le sens du rayon, avec lacunes formées par dissociation de certains éléments; dans la région interne, occupée par les faisceaux libéro-ligneux, cellules beaucoup plus petites, ovales ou rondes, à parois très légèrement épaissies; grandes cellules cristalligènes rondes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux très nombreux, formés d'éléments analogues à ceux du croissant extérieur des faisceaux.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et nombreux, rassemblés en un massif central affectant la même forme que la section de l'organe; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 5-6 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules plus grandes, à parois presque minces; liber moins développé, souvent divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; vaisseau ovale à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux ovales assez petits; parenchyme ligneux très développé.

Pinanga patula Bl. [1].

Ellipse renflée à une des extrémités du petit axe et coupée par une entaille à l'autre extrémité.

Épiderme : très grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, moins larges que profondes, à cloison externe sclérifiée, acutangle ou fortement bombée (vues de face, ces cellules sont assez grandes, pentagonales ou hexa-

[1] Le *Pinanga patula* Bl. a pour synonymie : *Seaforthia* Mart. et *Ptychosperma* Miq. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 253).

gonales, étirées longitudinalement, souvent recloisonnées transversalement); absence de poils.

Hypoderme : une rangée de grandes cellules quadrilatérales, à parois minces, allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, grandes cellules polygonales, à parois minces, allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux libéro-ligneux, cellules beaucoup plus petites, ovales ou rondes, à parois légèrement épaissies; grandes cellules cristalligènes ovales, à raphides courtes disposées parallèlement ou perpendiculairement à l'axe de figure de l'organe, suivant que les cellules cristalligènes se trouvent dans le voisinage de la surface ou non; massifs scléreux très nombreux, formés de grands éléments à parois légèrement épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et assez nombreux; rassemblés étroitement en un massif central de forme elliptique; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 3-4 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules moins épaissies; les éléments de la rangée la plus externe de ce dernier croissant ont parfois des parois aussi épaissies que les cellules du croissant extérieur; liber généralement en forme de C, souvent divisé en deux massifs par des élément sclérifiés; deux grands vaisseaux ovales, à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux ovales assez grands; parenchyme ligneux peu développé.

Pinanga patula Bl., forma *Sumatræ*.

Hexagone à trois côtés entaillés, dont deux adjacents.

Épiderme : Cellules beaucoup plus petites, quadrilatérales, plus larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule peu épaisse et à parois latérales légèrement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, presque isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : une rangée de grandes cellules quadrilatérales, allongées

dans le sens du rayon, les unes à parois minces, les autres à parois assez épaissies; dans certaines régions, cellules beaucoup plus petites.

Tissu fondamental : homogène; cellules ovales ou polygonales, beaucoup plus petites, à parois minces, allongées dans le sens du rayon; grandes cellules cristalligènes, rondes ou ovales, à raphides courtes disposées perpendiculairement à l'axe de figure de l'organe ou parallèlement à la surface; massifs scléreux très nombreux, formés d'un petit nombre de grandes cellules à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et très nombreux, rassemblés en un massif central affectant la même forme que la section; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 6-7 rangées d'éléments à parois très épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 3-4 couches de cellules très légèrement sclérifiées; liber assez développé; 1-2 grands vaisseaux ovales, à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux assez grands, ovales ou ronds; parenchyme ligneux assez développé.

Pinanga ternatensis Scheff. [1].

Cercle avec de nombreuses entailles, dont l'une, fort considérable, présente en son milieu une crête arrondie.

Épiderme : Cellules de mêmes dimensions que dans la plante précédente, quadrilatérales, à cloison externe légèrement bombée, à parois externe et latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales et légèrement étirées longitudinalement); absence de poils.

Hypoderme : une rangée de grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, à parois minces, allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : homogène; cellules ovales ou arrondies, assez grandes, à parois minces; grandes cellules cristalligènes ovales, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; petit nombre

[1] Le *Pinanga ternatensis* Scheff. a pour synonyme : *Areca gigantea* Hort. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 254).

de massifs scléreux formés de quelques grandes cellules à parois peu épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et assez nombreux, rassemblés en un massif central circulaire; fourreau scléreux à deux croissants; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 2-3 rangées d'éléments, plus grands et légèrement épaissis dans le croissant extérieur, presque minces dans le croissant intérieur; liber moins développé; 1-2 grands vaisseaux ronds à diamètre prédominant; quelques vaisseaux ovales assez grands; parenchyme ligneux très développé.

Nenga Wendlandiana Scheff. [1].

Cercle.

Épiderme : petites cellules carrées à cloison externe bombée, à parois externe et latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont pentagonales ou hexagonales, presque isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : 1-2 rangées de cellules quadrilatérales, allongées dans le sens du rayon, avec cadre d'épaississement très épais; de distance en distance, groupes de cellules à parois restées minces.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, cellules ovales ou polygonales, assez petites, à parois minces; dans la région interne, occupée par les faisceaux, cellules arrondies, très légèrement épaissies; cellules cristalligènes ovales, assez grandes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; petit nombre de massifs scléreux composés de quelques éléments à parois fort épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et fort nombreux, groupés en cercles concentriques très rapprochés du centre de figure de la section; fourreau scléreux homogène; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 3-4 rangées d'éléments à parois très épaissies dans la portion externe et dans la portion interne de la gaine; liber excessivement développé; 1-2 grands vaisseaux arrondis, à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux forts petits, ovales ou polygonaux; parenchyme ligneux peu développé.

[1] Le *Nenga Wendlandiana* Scheff. a pour synonymie : *Nenga pumila* Wendl., *Pinanga Nenga* Bl., *Areca Nenga* Bl., *Areca pumila* Mart. [Dr ODOARDO BECCARI, *Reliquiæ Schefferianæ. Illustrazione di alcune Palme viventi nel Giardino botanico di Buitenzorg* (ANNALES DU JARDIN BOTANIQUE DE BUITENZORG, 1882 (1885). Vol. II, 2e partie, p. 83].

Actinorhytis Calapparia Wendl. et Drude [1].

Hexagone.

Épiderme : très grandes cellules pentagonales plus larges que profondes, à cloisons externes sclérifiées, à parois latérales minces (vues de face, ces cellules sont polygonales, presque isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : 3-4 rangées de cellules polygonales, très petites, aplaties, à parois minces.

Tissu fondamental : homogène; cellules ovales ou polygonales, assez grandes, à parois minces; sclérites à parois assez épaissies, isolées ou réunies par groupes de deux et de trois.

Faisceaux libéro-ligneux : assez nombreux; les plus grands, soudés par leurs fourreaux scléreux, formant un anneau fort étroit, plusieurs fois interrompu; fourreau scléreux homogène; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 10-15 rangées d'éléments à parois assez épaissies dans la portion externe de la gaîne et 2-3 couches de cellules, à parois légèrement moins épaissies, dans la partie interne; liber peu développé, parfois divisé en deux massifs; 1-2 grands vaisseaux ovales, à diamètre fort prédominant; quelques petits vaisseaux ronds ou ovales; parenchyme ligneux assez développé.

Ptychosperma angustifolia Bl. [2].

Cercle coupé par deux cordes adjacentes.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales ou pentagonales, légèrement étirées tangentiellement, à cloison externe bombée, à parois externe et latérales peu sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales et plus ou moins étirées longitudinalement); absence de poils; stomates peu nombreux.

[1] L'*Actinorhytis Calapparia* Wendl. et Drude a pour synonymie : *Areca* Bl., *Areca cocoides* Griff., *Seaforthia Calapparia* Mart., *Ptychosperma? Calapparia* Miq., *Pinanga Calapparia* Kph. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 230).

[2] Le *Ptychosperma angustifolia* Bl. a pour synonyme : *Ptychosperma Seaforthia* Scheff. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 254).

Hypoderme : 1-2 rangées de cellules quadrilatérales, étirées tangentiellement, à parois minces ou légèrement épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; dans la région externe, quelques rangées de cellules ovales ou polygonales, assez petites, à parois collenchymateuses, et disposées en séries radiales; dans la région interne, cellules plus grandes, à parois minces; nombreuses et volumineuses cellules cristalligènes, ovales ou rondes, à raphides longues disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux assez nombreux, composés d'éléments dont le lumen est réduit à son minimum.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et peu nombreux, vaguement rangés en cercles concentriques et à tendance centripète assez nettement accusée; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 7-8 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 3-4 rangées de cellules plus grandes et à parois moins épaissies; liber assez développé, parfois divisé en deux massifs; certains éléments sclérifiés du croissant extérieur semblent appartenir au liber; 1-2 grands vaisseaux ovales ou ronds, à diamètre fort prédominant; nombreux vaisseaux ovales ou ronds, assez grands; parenchyme ligneux assez développé.

Ptychosperma elegans Bl. [1].

Cercle.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales aplaties, à cloison externe légèrement bombée, à parois externe et latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont pentagonales ou hexagonales, légèrement étirées longitudinalement); absence de poils; stomates assez nombreux.

Hypoderme : 1-2 rangées de cellules quadrilatérales, étirées tangentiellement, à parois légèrement épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, quelques rangées de cellules ovales, à parois plus ou moins collenchyma-

[1] Le *Ptychosperma elegans* Bl. a pour synonymie : *Ptychosperma Seaforthia* Miq. et *Seaforthia elegans* R. Br. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 254).

teuses, disposées en séries radiales; dans la région interne, cellules rondes ou ovales, assez petites, à parois minces; cellules cristalligènes ovales, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; quelques massifs scléreux composés de nombreuses cellules à parois extrêmement épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et fort peu nombreux, en cercles concentriques très rapprochés du centre de figure de la section; fourreau scléreux à deux croissants peu nettement différenciés; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 7-8 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 4-5 couches de cellules légèrement moins épaissies; liber plus développé, parfois divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; un, deux ou plusieurs grands vaisseaux ovales à diamètre fort prédominant; quelques vaisseaux assez grands, ronds ou ovales; parenchyme ligneux peu développé.

Ptychosperma Teysmanniana.

Quadrilatère à trois côtés concaves et un convexe.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales, à cloison externe fortement bombée, à parois externe et latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales, à côtés curvilignes, et presque isodiamétriques); absence de poils; grands et nombreux stomates.

Hypoderme : une rangée d'éléments quadrilatéraux ou pentagonaux, allongés dans le sens du rayon, à parois légèrement épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, cellules rondes ou ovales, à parois minces, assez grandes, et dont le diamètre va en augmentant vers le centre; dans la région interne, occupée par les faisceaux, cellules ovales, plus petites, à parois minces ou légèrement épaissies; cellules cristalligènes ovales, de mêmes dimensions que les éléments ambiants, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux assez nombreux, composés d'un petit nombre de grands éléments, à parois moins épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et peu nombreux, rassemblés en un

massif central de forme quadrilatérale; fourreau scléreux à deux croissants très nettement différenciés; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 5-6 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules plus grandes, à parois peu sclérifiées; liber assez développé; 1-2 grands vaisseaux, ovales ou ronds, à diamètre prédominant; quelques vaisseaux assez grands, ronds ou ovales; parenchyme ligneux peu développé.

Cyrtostachys Renda Bl. [1].

Cercle présentant deux entailles arrondies affectant deux quadrants voisins.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales, moins larges que profondes, à cloison externe fortement sclérifiée, bombée et souvent même acutangle, à parois latérales légèrement épaissies (vues de face, ces cellules sont pentagonales et isodiamétriques); poils acuminés pluricellulaires (toutes les cellules ont une paroi externe sclérifiée, et la cellule terminale possède une pointe, souvent très acérée, tournée vers le sommet de l'organe).

Hypoderme : une rangée de grandes cellules quadrilatérales ou pentagonales, à parois minces, allongées suivant le rayon.

Tissu fondamental : homogène; cellules assez grandes, à parois minces, ovales ou polygonales, à angles arrondis; lacunes par dissociation de certaines cellules; cellules cristalligènes rondes, très grandes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; petit nombre de massifs scléreux composés d'éléments à parois très épaissies, à lumen allongé radialement.

Faisceaux libéro-ligneux : fort peu nombreux; les plus grands, fréquemment soudés par leurs gaînes, forment un cercle très étroit dont le centre coïncide avec celui de l'organe; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 10-15 rangées d'éléments

[1] Le *Cyrtostachys Renda* Bl. a pour synonymie : *Bentinckia Renda* Mart., *Areca? erythropoda* Miq., *Ptychosperma coccinea* Hort. Lugd. Bat., *Pinanga purpurea* Hort. Bog. (Beccari, *Reliquiæ Schefferianæ*, p. 140).

à parois très épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 4-5 couches de cellules à parois peu épaissies; liber peu développé, souvent divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; deux grands vaisseaux à diamètre légèrement prédominant; quelques grands vaisseaux ovales; parenchyme ligneux très développé.

Drymophlœus Ceramensis Scheff. [1].

Cercle coupé par deux cordes faisant entre elles un certain angle (voir fig. 2).

Épiderme : petites cellules quadrilatérales aplaties, à cloison externe bombée, à parois externe et latérales épaissies (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales ou pentagonales, isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : 5-6 rangées de cellules ovales ou quadrilatérales, à parois collenchymateuses, plus ou moins étirées tangentiellement.

Tissu fondamental : homogène; cellules ovales ou polygonales, assez petites, à parois minces; lacunes par dissociation de certains éléments; grandes et nombreuses cellules cristalligènes rondes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux très peu nombreux, composés de quelques petits éléments à parois extrêmement épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : nombreux et libres, groupés en cercles concentriques très rapprochés du centre de figure de la section; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 5-6 rangées d'éléments à parois peu épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules à parois minces; liber assez développé; 1-2 petits vaisseaux ronds ou ovales, à diamètre légèrement prédominant; parenchyme ligneux assez développé.

[1] Le *Drymophlœus Ceramensis* Scheff. a pour synonymie : *Drymophlœus olivæformis* Mart., *Drymophlœus Ceramensis* Miq. (partim quoad descript. spadicum), *Ptychosperma (Drymophlœus) Rumphii* Bl., *Seaforthia olivæformis* Mart., *Seaforthia Blumei* Kunth, *Harina Rumphii* Mart. (ubi cit sub *Dr. olivæformis*), *Harina Rumphii* Mart., *Harina Caryotoides* (partim) Ham., *Areca olivæformis* Giseke, *Areca elæocarpa* Reinwardt, *Saguaster minor, Nibun Kitsijl* (Beccari, *Reliquiæ Schefferianæ*, pp. 109 et 110).

Ptychandra glauca Scheff.

Cercle présentant une entaille.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales, plus larges que profondes, à cloison externe légèrement bombée, à parois externe et latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, presque isodiamétriques); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : une rangée de petites cellules carrées à parois minces.

Tissu fondamental : homogène; petites cellules ovales à parois minces; massifs scléreux peu nombreux, composés de cellules à parois extrêmement épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et assez nombreux, à tendance centripète assez nettement accusée; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 3-4 rangées de grands éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur possède le même nombre de couches de cellules beaucoup plus petites et à parois moins épaissies; liber très développé; un, deux ou plusieurs très petits vaisseaux ovales à diamètre fort prédominant; parenchyme ligneux assez développé.

Euterpe oleracea Mart.

Cercle présentant 3-4 entailles arrondies. Dans le cas de trois entailles, deux entailles affectent deux quadrants voisins et la troisième leur est opposée. Dans le cas de quatre entailles, elles affectent les quatre quadrants.

Épiderme : très petites cellules quadrilatérales, plus larges que profondes, à cloison externe légèrement bombée, à cuticule mince (vues de face, ces cellules sont pentagonales et isodiamétriques); poils rameux présentant de nombreuses branches sclérifiées et très acérées.

Hypoderme : une rangée de cellules polygonales, à parois minces, légèrement étirées tangentiellement.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe,

quelques rangées de petites cellules ovales, collenchymateuses, avec groupes de sclérites à parois assez épaissies; dans la région interne, cellules ovales ou polygonales, légèrement plus grandes, à parois minces; grand nombre de massifs scléreux composés d'éléments à parois épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : peu nombreux; les plus grands, soudés ensemble par leurs revêtements scléreux, forment un massif central annulaire excessivement étroit; chez les plus grands, fourreau scléreux à deux croissants; chez les autres, gaîne homogène; dans le plan médian du croissant extérieur des grands faisceaux, on compte 6-7 rangées d'éléments à parois très épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules à parois beaucoup moins épaissies; la rangée externe de ce dernier croissant est souvent formée d'éléments identiques à ceux du croissant extérieur; liber assez développé; 2-3 vaisseaux très grands, ronds ou ovales, à diamètre fort prédominant; parenchyme ligneux très développé.

Oreodoxa regia Kth. [1].

Cercle coupé par deux cordes opposées.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales ou pentagonales, plus larges que profondes, à cloison externe rectiligne, à parois externe et latérales légèrement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales et isodiamétriques); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : 3-4 rangées de cellules ovales, à grand axe tangentiel et à parois plus ou moins collenchymateuses.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; dans la région externe, cellules ovales ou polygonales, isodiamétriques, à parois minces; dans la région moyenne, cellules utriformes ou polygonales, allongées dans le sens du rayon, à parois minces; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules ovales ou arrondies, à parois sclérifiées; massifs scléreux

[1] L'*Oreodoxa regia* Kth. a pour synonyme : *OEnocarpus regius* Spreng. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 252).

arrondis, assez nombreux, composés d'éléments à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : fort peu nombreux et réunis en un cordon central vaguement circulaire; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 6-7 rangées d'éléments à épaississement très considérable et à lumen presque nul; dans le même plan, le croissant extérieur ne possède que 3-4 couches de cellules peu épaissies; liber fort développé; 1-2 grands vaisseaux ovales à grand axe tangentiel et à diamètre prédominant; nombreux vaisseaux ovales, assez grands, à grand axe tangentiel; parenchyme ligneux assez développé.

Heterospatha elata Scheff. [1].

Cercle coupé par une corde, rencontrant un rayon au tiers de sa longueur, à partir de la périphérie, et, diminué d'un segment circulaire, dont la corde est égale à la moitié du rayon.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales moins larges que profondes, à cloison externe fortement bombée, à parois externe et latérales assez fortement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales et presque isodiamétriques); absence de poils.

Hypoderme : 1-2 rangées de cellules quadrilatérales, étirées tangentiellement, à parois légèrement sclérifiées.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; dans la région externe, quelques rangées de cellules plus ou moins collenchymateuses, disposées en séries radiales; dans la région moyenne, cellules ovales, assez petites, à parois minces; dans la région interne, occupée par les faisceaux, cellules à parois légèrement épaissies; lacunes par dissociation d'éléments; massifs scléreux peu nombreux, composés de quelques éléments à parois peu épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : peu nombreux et formant un massif circulaire

[1] L'*Heterospatha elata* Scheff. a pour synonyme : *Metroxylon* Hort. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 247).

central coupé par quelques traînées de tissu fondamental non sclérifié; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 7-8 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 3-4 couches de cellules à parois beaucoup plus minces; liber peu développé; 1-2 grands vaisseaux ronds ou ovales, à diamètre fort prédominant; parenchyme ligneux peu développé.

Didymosperma porphyrocarpum Wendl. et Drude [1].

Ellipse présentant une forte entaille faisant un angle aigu avec le grand axe.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales, à cloison externe bombée, à parois externe et latérales fortement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales et étirées longitudinalement); absence de poils.

Hypoderme : 2-3 rangées de cellules ovoïdes fortement sclérifiées.

Tissu fondamental : homogène; très petites cellules rondes ou ovales à parois minces, laissant entre elles de nombreux méats triangulaires ou quadrangulaires; cellules cristalligènes rondes, assez petites, avec raphides longues disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux assez nombreux, composés d'une grande quantité d'éléments à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et très nombreux, à tendance centripète assez nettement accusée; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, aux extrémités des faisceaux, on compte 3-4 rangées d'éléments à parois assez épaissies; liber assez développé; 1-2 grands vaisseaux ovales, à diamètre fort prédominant; parenchyme ligneux fort développé.

[1] Le *Didymosperma porphyrocarpum* Wendl. et Drude a pour synonymie : *Wallichia porphyrocarpa* Mart., *Wallichia Orania* Bl., *Orania porphyrocarpa* Bl., *Orania regalis* Bl., *Wallichia* Mart., *Caryota humilis* Reinw. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, pp. 243 et 258).

Caryota sobolifera Wall. [1].

Quadrilatère portant des côtes arrondies.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales, moins larges que profondes, à cloison externe rectiligne, à cuticule épaisse et à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont pentagonales ou hexagonales, légèrement étirées longitudinalement et disposées en séries régulières); absence de poils.

Hypoderme : 1-2 rangées de cellules ovales ou quadrilatérales, généralement allongées dans le sens du rayon, à parois fortement épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; près de la surface, cellules ovales, assez petites, à parois minces; dans les découpures du massif central, formé par les faisceaux libéro-ligneux, cellules quadrilatérales allongées perpendiculairement aux groupes de faisceaux; dans les groupes de faisceaux, petites cellules arrondies à parois légèrement sclérifiées; nombreux canaux aérifères; cellules cristalligènes ovales, assez grandes, à raphides courtes ou longues disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux fort nombreux, composés d'un petit nombre d'éléments à parois peu épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : fort nombreux et formant un massif central de forme elliptique, coupé par des traînées de tissu fondamental à grandes cellules; fourreau scléreux à deux croissants; suivant leur plan médian, aux deux extrémités des faisceaux, on compte 2-3 rangées d'éléments; les cellules du croissant extérieur sont assez épaissies; celles du croissant intérieur sont légèrement moins épaissies; liber fort développé; 1-2 grands vaisseaux ovales à diamètre fort prédominant; quelques petits vaisseaux ronds ou ovales; parenchyme ligneux assez développé.

[1] Le *Caryota sobolifera* Wall. a pour synonymie : *Drymophlœus Zippelii* Hask. et *Caryota urens* Jacq. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 238).

Caryota sp. Manille.

Carré à angles arrondis et à côtés convexes ou concaves.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales, moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule très épaisse et à parois latérales fortement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales et étirées dans le sens de la longueur de l'organe); absence de poils; stomates nombreux.

Hypoderme : 2-3 rangées de cellules ovales ou polygonales, à grand axe tangentiel, à parois très épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; dans la région externe, petites cellules rondes ou ovales à parois minces, avec canaux aérifères contenant des raphides énormes et avec petites cellules cristalligènes rondes à raphides courtes; dans les îlots formés par les faisceaux, petites cellules ovales ou rondes à parois légèrement épaissies; entre les îlots, grandes cellules polygonales, à parois minces, allongées perpendiculairement aux îlots; massifs scléreux très nombreux, à cellules très épaissies, et présentant généralement quelques fibres primitives.

Faisceaux libéro-ligneux : très nombreux et formant un vaste massif central affectant la même forme que la section et parcouru par de nombreuses traînées de tissu fondamental, à grandes cellules, isolant de nombreux groupes de faisceaux; fourreau scléreux homogène; suivant le plan médian des faisceaux, on compte 4-5 rangées d'éléments, à parois fort épaissies, près du bois et 9-10 près du liber; liber fort développé; deux grands vaisseaux ovales ou ronds, à diamètre fort prédominant; parenchyme ligneux peu développé.

Caryota sp. Siam.

Carré à angles arrondis et à côtés convexes ou concaves (voir fig. 3).

Épiderme : cellules quadrilatérales, plus petites, moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule épaisse et à parois latérales fortement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, étirées longitudinalement); absence de poils.

Hypoderme : 1-2 rangées de grandes cellules quadrilatérales à parois moins épaissies, souvent entremêlées de cellules à parois restées minces.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, cellules plus grandes que dans le *Caryota* sp. Manille, ovales ou rondes et à parois minces; dans la région interne, dans les îlots formés par les faisceaux, petites cellules ovales, aplaties contre les faisceaux, à parois plus ou moins épaissies; canaux aérifères très nombreux, contenant généralement des paquets de raphides courtes; petites cellules cristalligènes rondes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux très nombreux, composés d'éléments à parois fort épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : peu nombreux et formant un massif circulaire central, découpé par des bandes de tissu fondamental à parois minces; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, on compte 4-5 rangées d'éléments, très épaissis, à la partie extérieure et 3-4 à la partie intérieure; liber assez développé; 2-3 grands vaisseaux ovales à diamètre fort prédominant; petit nombre de vaisseaux ovales ou ronds; parenchyme ligneux assez développé.

Orania macrocladus Mart. [1].

Cercle coupé par une sécante.

Épiderme : grandes cellules quadrilatérales beaucoup moins larges que profondes, à cloison externe fortement bombée, à cuticule très épaisse et à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont pentagonales et isodiamétriques); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : une rangée de cellules pentagonales, à parois minces, légèrement étirées transversalement.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, grandes cellules polygonales ou utriformes, à parois minces, allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules ovales, à parois minces; massifs scléreux très nombreux, composés d'éléments à parois assez épaissies.

[1] L'*Orania macrocladus* Mart. a pour synonyme : *Macrocladus sylvicola* Griff. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 252).

Faisceaux libéro-ligneux (voir fig. 5) : fort peu nombreux et libres, rassemblés en un massif plus ou moins excentrique, affectant la même forme que la section; fourreau scléreux homogène; suivant le plan médian des faisceaux et à leurs extrémités, on compte 2-3 rangées de cellules à parois extrêmement épaissies; liber très développé; 1-2 petits vaisseaux à diamètre légèrement prédominant; parenchyme ligneux peu développé.

Orania Philippinensis Scheff.

Triangle à angles arrondis.

Épiderme : cellules quadrilatérales plus grandes, allongées dans le sens du rayon, à cuticule très épaissie et à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, étirées longitudinalement); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : 2-3 rangées de cellules pentagonales ou hexagonales, étirées tangentiellement, à parois assez épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, grandes cellules polygonales à parois minces, allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules ovales à parois plus ou moins épaissies; petites cellules cristalligènes rondes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux assez nombreux, composés d'éléments à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : très grands, libres et fort peu nombreux, rassemblés en un massif plus ou moins excentrique, ayant vaguement la même forme que la section; fourreau scléreux homogène; suivant son plan médian et dans la portion extérieure de la gaîne, on compte 5-6 rangées d'éléments à lumen presque nul; on ne trouve que 3-4 couches de cellules dans la portion intérieure; liber peu développé; 2-3 vaisseaux ovales très grands, à diamètre fort prédominant; dans certains faisceaux, on trouve des vaisseaux possédant intérieurement un fort cadre d'épaississement, formé de nombreuses couches scléreuses successives et traversé par de nombreux canalicules; parenchyme ligneux peu développé.

Phœnix dactylifera L. [1].

Pentagone à angles arrondis.

Épiderme : cellules quadrilatérales très petites et moins larges que profondes, à cloison externe rectiligne ou bombée, à cuticule très épaisse, à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont quadrilatérales et légèrement étirées dans le sens de la longueur de l'organe); absence de poils; nombreux stomates (voir fig. 4).

Hypoderme : une rangée de petites cellules pentagonales, aplaties, à parois fortement épaissies.

Tissu fondamental : homogène; très petites cellules, rondes ou ovales, à parois légèrement épaissies; massifs scléreux assez nombreux, composés de cellules à parois fort épaissies, entourant parfois quelques fibres primitives.

Faisceaux libéro-ligneux : fort peu nombreux, rassemblés en un massif central de forme pentagonale; dans la rangée externe du massif, faisceaux soudés par leurs gaines; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte 8-9 rangées d'éléments à parois fort épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 5-6 couches de cellules à parois légèrement moins épaissies; liber assez développé; 1-2 grands vaisseaux ovales à diamètre fort prédominant; grand nombre de petits vaisseaux ovales; parenchyme ligneux peu développé.

Acanthorhiza aculeata Wendl. [2].

Cercle coupé par deux cordes adjacentes.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales ou pentagonales, moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule peu épaisse et à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont pentagonales ou hexago-

[1] Le *Phœnix dactylifera* L. a pour synonyme : *Phœnix excelsior* Cav. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 252).

[2] L'*Acanthorhiza aculeata* Wendl. a pour synonymie : *Chamærops stauracantha* Hort. et *Trithrinax* Liebm. (de Kerchove de Denterghem, *Les Palmiers*, p. 230).

nales et étirées longitudinalement); absence de poils; stomates assez nombreux.

Hypoderme : une rangée de cellules pentagonales, à parois collenchymateuses, allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : homogène; très petites cellules ovales ou rondes, à parois minces; cellules cristalligènes ovales, beaucoup plus grandes, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux fort nombreux, composés de cellules à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : fort peu nombreux et libres, disposés en cercles concentriques assez rapprochés du centre de figure de l'organe; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian et aux extrémités des faisceaux, on compte 3-4 rangées d'éléments à parois peu épaissies; liber peu développé, souvent divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; pas de vaisseau à diamètre prédominant; quelques petits vaisseaux ovales ou arrondis; parenchyme ligneux très développé.

Licuala amplifrons Miq.

Cercle coupé par deux cordes faisant entre elles un certain angle.

Épiderme : très petites cellules quadrilatérales, moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule mince et à parois latérales légèrement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, non étirées longitudinalement); absence de poils.

Hypoderme : 2-3 rangées de cellules pentagonales ou hexagonales, à parois légèrement épaissies, allongées dans le sens du rayon.

Tissu fondamental : homogène; petites cellules ovales, à grand axe radial et à parois minces; grandes cellules cristalligènes ovales, à raphides courtes disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux, avec ou sans fibres primitives, composés d'éléments à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : assez nombreux; les plus grands, soudés par leurs gaînes, forment un anneau central de grand diamètre; fourreau scléreux à deux croissants; dans le plan médian du croissant extérieur, on compte

3-4 rangées d'éléments à parois assez épaissies; dans le même plan, le croissant intérieur ne possède que 2-3 couches de cellules légèrement sclérifiées; liber peu développé, souvent divisé en deux massifs par des éléments sclérifiés; 1-2 petits vaisseaux ovales, à diamètre légèrement prédominant; parenchyme ligneux très développé.

Licuala elegans Bl.

Cercle.

Épiderme : cellules légèrement plus grandes, quadrilatérales ou pentagonales, plus larges que profondes, à cloison externe fortement bombée ou acutangle, à cuticule mince et à parois latérales légèrement sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, non étirées longitudinalement); longs poils unicellulaires, acuminés, à parois fort épaissies et à pointe très acérée.

Hypoderme : 3-4 rangées de cellules ovales ou quadrilatérales, beaucoup plus allongées dans le sens du rayon, à parois plus ou moins collenchymateuses.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, cellules pentagonales plus grandes, à parois minces, généralement allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux, très petites cellules ovales à parois minces; cellules cristalligènes ovales, assez grandes, disposées parallèlement à l'axe de figure de l'organe; massifs scléreux assez nombreux, composés d'éléments à parois peu épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : libres et assez nombreux, en cercles concentriques très rapprochés du centre de figure; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, on compte 5-6 rangées d'éléments à parois assez épaissies dans la partie extérieure de la gaîne et 3-4 rangées dans l'autre partie; liber assez développé et souvent divisé en deux massifs; certains éléments du croissant extérieur semblent appartenir au liber; deux ou plusieurs petit vaisseaux ovales ou polygonaux, à diamètre légèrement prédominant; nombreux petits vaisseaux ovales ou polygonaux; parenchyme ligneux peu développé.

Bactris major Jacq. [1].

Ellipse présentant de nombreuses ailes de forme irrégulière.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales moins larges que profondes, à cloison externe bombée, à cuticule épaisse et à parois latérales sclérifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, non étirées longitudinalement); petit nombre de longs poils pluricellulaires à parois épaissies, composés d'une colonne cylindrique surmontée d'une couronne de crochets en lames de sabres dressés verticalement.

Hypoderme : une rangée de petites cellules aplaties, quadrilatérales ou pentagonales, à parois minces.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; dans la région externe, 2-3 rangées de cellules ovales ou pentagonales, à parois épaissies; dans la région moyenne, cellules assez grandes, à parois minces, allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules ovales, à parois minces ou légèrement sclérifiées; massifs scléreux, peu nombreux, composés de cellules à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : assez nombreux et en cercles concentriques assez rapprochés du centre de figure; dans la rangée externe, on observe de nombreux faisceaux soudés par leurs gaînes; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, on compte 6-7 rangées d'éléments à parois fort épaissies dans la portion externe de la gaîne, et 2-3 dans la partie interne; liber peu développé; 1-2 grands vaisseaux ovales à diamètre prédominant; quelques vaisseaux ovales assez grands; parenchyme ligneux assez développé.

Bactris Maraja Mart.

Cercle présentant quelques ailes de forme irrégulière.

Épiderme : petites cellules quadrilatérales ou pentagonales, fortement aplaties, à cloison externe bombée, à cuticule épaisse, à parois latérales sclé-

[1] Le *Bactris major* Jacq. a pour synonymie : *Augustinea* Krst. et *Pyrenoglyphis* Krst. (DE KERCHOVE DE DENTERGHEM, *Les Palmiers*, p. 234).

rifiées (vues de face, ces cellules sont polygonales, non étirées longitudinalement); poils acuminés, pluricellulaires, courts et peu nombreux.

Hypoderme : une rangée de petites cellules quadrilatérales ou pentagonales, à parois minces.

Tissu fondamental : hétérogène; deux régions; dans la région externe, cellules ovales ou pentagonales, généralement allongées dans le sens du rayon; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules rondes ou ovales, à parois minces ou épaissies; massifs scléreux assez nombreux, composés de cellules à parois assez épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : assez nombreux, en cercles concentriques très rapprochés du centre de figure de l'organe et formant un cordon axile cylindrique, fortement découpé; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, on compte 7-8 rangées de cellules fort épaissies dans la portion externe, et 3-4 dans la partie interne; liber fort développé; 2-3 petits vaisseaux à diamètre légèrement prédominant; parenchyme ligneux peu développé.

Cocos plumosa Hook.

Triangle à angles arrondis (voir fig. 6).

Épiderme : petites cellules aplaties, quadrilatérales ou pentagonales, moins larges que profondes, à cloison externe presque rectiligne, à cuticule fort épaisse, à parois latérales et intérieures sclérifiées (ces cellules, vues de face, sont quadrilatérales et isodiamétriques); absence de poils; nombreux stomates.

Hypoderme : une rangée de petites cellules pentagonales à parois légèrement épaissies.

Tissu fondamental : hétérogène; trois régions; dans la région externe, cellules ovales ou polygonales, assez petites, isodiamétriques ou allongées dans le sens du rayon, à parois épaissies; dans la région moyenne, cellules beaucoup plus grandes, allongées dans le sens du rayon et à parois épaissies; dans la région interne, occupée par les faisceaux, petites cellules

rondes ou ovales, à parois épaissies; massifs scléreux très nombreux, composés d'éléments à parois fort épaissies.

Faisceaux libéro-ligneux : peu nombreux et rassemblés en un massif triangulaire; fourreau scléreux homogène; suivant leur plan médian, on compte 6-7 rangées d'éléments, à parois extrêmement épaissies, dans la portion extérieure, et 2-3 rangées dans la partie intérieure; liber assez développé; 1-3 grands vaisseaux ovales à diamètre prédominant; parenchyme ligneux peu développé.

SECONDE PARTIE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Dans les axes fructifères examinés, l'épiderme est composé de cellules qui présentent, en section transversale, une forme quadrilatérale ou pentagonale. Ces éléments ont leur cloison externe presque rectiligne (par exemple *Areca Madagascariensis* Mart.) ou bombée (par exemple *Areca triandra* var. *bancana* Scheff.), ou même acutangle (par exemple *Pinanga disticha* Bl.).

L'épaississement des parois des éléments épidermiques possède une grande importance au point de vue fonctionnel. La cuticule mérite, à cet égard, une attention toute particulière. Dans les axes d'inflorescences, Klein [1] semble considérer comme des exceptions les épidermes à cuticule épaisse. On en observe cependant à cuticule très épaisse chez les axes fructifères des *Caryota*, du *Phœnix dactylifera* L. (voir fig. 4), du *Didymosperma porphyrocarpum* Wendl. et Drude et des *Orania*. Souvent la cuticule est mince (par exemple *Euterpe oleracea* Mart.), et parfois l'épaississement affecte la forme d'un C, intéressant la paroi externe et, partiellement, les parois latérales (*Pinanga Kuhlii* Bl.). Il arrive fréquemment que les parois latérales soient sclérifiées. Les éléments épidermiques du *Cocos plumosa* Hook. ont toutes leurs parois sclérifiées [2].

Sur des lambeaux d'épiderme, enlevés à l'aide de la pince ou du rasoir, les cellules de l'épiderme, vues de face, sont quadrilatérales, pentagonales ou hexagonales, et quelquefois leurs parois sont curvilignes (*Ptychosperma Teysmanniana*).

Vues de face, elles peuvent être isodiamétriques (par exemple *Cystostachys Renda* Bl.), étirées dans le sens de la longueur de l'organe (par exemple *Pinanga disticha* Bl.) ou dans le sens transversal (*Areca Madagascariensis* Mart.).

[1] Klein, *Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzachsen*.

[2] Certains auteurs, Haberlandt, von Weinzierl, Lukas et John E. F. af Klercker, ont signalé l'existence d'épidermes jouant le rôle de tissu mécanique.

Les dimensions des éléments épidermiques peuvent varier dans des limites assez étendues. J'ai relevé, dans le tableau qui va suivre, la largeur et la profondeur, en section transversale, des cellules de l'épiderme chez les plantes étudiées [1] :

NOMS DES ESPÈCES.	Largeur moyenne en millimètres.	Profondeur moyenne en millimètres.
Areca Madagascariensis Mart.	7.5	6
— *triandra* Roxb.	6	10
— — var. *bancana* Scheff.	10	11
Pinanga disticha Bl.	15	15
— *Kuhlii* Bl.	10	10
— *patula* forma *Sumatræ*.	8	7
— *ternatensis* Scheff.	8	7
— *patula* Bl.	8	14
Nenga Wendlandiana Scheff.	8	8
Actinorhytis Calapparia W. et D.	14	10
Ptychosperma angustifolia Bl.	6	7
— *elegans* Bl.	10	7
— *Teysmanniana*	12	9
Cyrtostachys Renda Bl.	8	10
Drymophlœus Ceramensis Miq.	9	4
Ptychandra glauca Scheff.	9	7
Euterpe oleracea Mart.	5	4
Oreodoxa regia Kth.	7	6
Heterospatha elata Scheff.	7	9
Didymosperma porphyrocarpum W. et D.	6	5
Caryota sobolifera Wall.	7	10
— sp. Manille.	7	10
— sp. Siam.	6	9
Orania macrocladus Mart.	5	10
— *Philippinensis* Scheff.	8	12
Phœnix dactylifera L.	4	6
Acanthorhiza aculeata Wendl.	5	6
Licuala amplifrons Miq.	5	4
— *elegans* Bl.	6	5
Bactris major Jacq.	6	7
— *Maraja* Mart.	8	5
Cocos plumosa Hook.	5	7

[1] Les cellules épidermiques ont été mesurées sur des croquis pris à l'aide de la chambre claire de Nachet et sous le grossissement donné par l'objectif DD et l'oculaire 3 de Zeiss.

Les cellules épidermiques sont donc moins larges que profondes dans les plantes suivantes :

Areca triandra Roxb.
— — var. *bancana* Scheff.
Pinanga patula Bl.
Ptychosperma angustifolia Bl.
Cyrtostachys Renda Bl.
Heterospatha elata Scheff.
Didymosperma porphyrocarpum W. et D.
Caryota sobolifera Wall.
— sp. Manille.
— sp. Siam.
Orania macrocladus Mart.
— *Philippinensis* Scheff.
Phœnix dactylifera L. (v. fig. 4.)
Acanthorhiza aculeata W. et Dr
Licuala amplifrons Miq.
Bactris major Jacq.
Cocos plumosa Hook.

Elles sont plus larges que profondes chez :

Areca Madagascariensis Mart.
Pinanga patula forma *Sumatræ*.
— *ternatensis* Scheff.
Actinorhytis Calapparia W. et D.
Ptychosperma elegans Bl.
— *Teysmanniana*.
Drymophlœus Ceramensis Miq.
Ptychandra glauca Scheff.
Euterpe oleracea Mart.
Oreodoxa regia Kth.
Licuala elegans Bl.
Bactris Maraja Mart.

Enfin, on trouve des cellules épidermiques aussi larges que profondes chez :

Pinanga disticha Bl.
— *Kuhlii* Bl.
Nenga Wendlandiana Scheff.

Les stomates, très nombreux chez certaines plantes (les *Orania*, le *Phœnix dactylifera* L., etc.), sont peu nombreux ou rares chez les autres.

On n'observe la présence de poils que chez les espèces suivantes :

Areca triandra Roxb.
Cyrtostachys Renda Bl.
Euterpe oleracea Mart.
Licuala elegans Bl.
Bactris major Jacq.
— *Maraja* Mart.

Chez l'*Areca triandra* Roxb., certaines cellules épidermiques forment de légères saillies dont la paroi externe est épaissie, et parfois ces saillies s'isolent du reste de la cellule par une cloison sclérifiée. Le *Licuala elegans* Bl. possède de longs poils acuminés unicellulaires; le *Bactris Maraja* Mart., de courts poils acuminés pluricellulaires unisériés; le *Cyrtostachys Renda* Bl., de courts poils acuminés pluricellulaires massifs. L'*Euterpe oleracea* Mart. et le *Bactris major* Jacq. présentent des poils massifs rameux, le premier à crochets étalés, le second à crochets dressés verticalement.

Chez l'*Euterpe oleracea* Mart., les poils, très nombreux et s'enchevêtrant, forment un épais revêtement destiné, sans doute, à diminuer les dangers de dessiccation.

Dans aucun axe d'inflorescence, Klein [1] n'a eu l'occasion d'observer de tissu subéreux remplaçant l'épiderme, mais il a trouvé un tissu subéreux sous-jacent à l'épiderme dans les supports des chatons mâles de *Betula alba*

[1] KLEIN, *Beiträge zur Anatomie der Inflorescenzachsen*.

et de *Corylus*. Les plantes que j'ai étudiées, ne m'ont offert aucun exemple de tissu subéreux.

Sous l'épiderme des plantes examinées, on rencontre une région hypodermique, constituée par une ou plusieurs rangées d'éléments présentant des caractères particuliers. Chez certaines espèces, les cellules hypodermiques conservent des parois minces :

Areca triandra Roxb.
— — var. *bancana* Scheff.
Pinanga disticha Bl.
— *Kuhlii* Bl.
— *patula* Bl.
— *ternatensis* Scheff.
Actinorhytis Calapparia W. et D.
Cyrtostachys Renda Bl.
Euterpe oleracea Mart..
Orania macrocladus Mart.
Bactris major Jacq.
— *Maraja* Mart.

Chez d'autres, la région hypodermique comprend parfois quelques rangées d'éléments à parois plus ou moins collenchymateuses :

Drymophlœus Ceramensis Miq.
Oreodoxa regia Kth.
Acanthorhiza aculeata Wendl.
Licuala elegans Bl.

Les cellules de l'hypoderme peuvent avoir aussi des parois plus ou moins fortement sclérifiées. Elles sont parfois entourées d'une membrane très épaisse, fortement lignifiée et très dure, découpée en couches concentriques

et traversée par un grand nombre de canalicules. On trouve un hypoderme à parois épaissies chez :

Areca Madagascariensis Mart. [1].
Ptychosperma angustifolia Bl.
— *elegans* Bl.
— *Teysmanniana*.
Heterospatha elata Scheff.
Didymosperma porphyrocarpum W. et D.
Ptychandra glauca Scheff.
Caryota sobolifera Wall.
— sp. Manille.
Orania Philippinensis Scheff.
Phœnix dactylifera L. (v. fig. 4).
Licuala amplifrons Miq.
Cocos plumosa Hook.

Certains hypodermes montrent des cellules à parois épaissies, entremêlées d'éléments à parois minces :

Pinanga patula forma *Sumatræ*.
Nenga Wendlandiana Scheff.
Caryota sp. Siam.

Je ferai remarquer que lorsque la région hypodermique est constituée par des cellules à parois fortement épaissies, l'axe fructifère possède une gaîne de grand diamètre, capable d'opposer une assez forte résistance à la flexion.

En général, les cellules hypodermiques sont plus grandes que les éléments épidermiques (par exemple *Pinanga Kuhlii* Bl.), mais elles peuvent aussi avoir les mêmes dimensions (par exemple *Areca triandra* var. *bancana* Scheff.) ou des dimensions moindres (par exemple *Actinorhytis Calapparia* Wendl. et Drude).

[1] Dans cette espèce, l'hypoderme reste parfois mince.

Sur une section transversale, les cellules de l'hypoderme sont isodiamétriques (par exemple *Areca triandra* var. *bancana* Scheff.) ou étirées tangentiellement (par exemple *Actinorhytis Calapparia* Wendl. et Drude) ou allongées dans le sens du rayon (par exemple *Pinanga patula* Bl.).

Les cellules du tissu fondamental sont rondes, ovales ou polygonales et elles laissent entre elles des méats plus ou moins grands, triangulaires ou quadrangulaires.

Ce tissu est homogène ou hétérogène et, dans ce dernier cas, il comprend deux ou trois régions. Lorsqu'il est homogène, les cellules ont des parois minces ou légèrement épaissies (*Phœnix dactylifera* L.). On trouve un tissu fondamental homogène à parois minces chez les plantes suivantes :

Areca Madagascariensis Mart.
— *triandra* Roxb.
— — var. *bancana* Scheff.
Pinanga patula forma *Sumatræ*.
— *ternatensis* Scheff.
Actinorhytis Calapparia Wendl. et Drude.
Cyrtostachys Renda Bl.
Drymophlœus Ceramensis Miq.
Ptychandra glauca Scheff.
Didymosperma porphyrocarpum Wendl. et Drude.
Acanthorhiza aculeata Wendl.
Licuala amplifrons Miq.

Lorsque le tissu fondamental est hétérogène et ne présente que deux régions distinctes, deux cas peuvent se présenter :

a) La région externe est collenchymateuse et le reste du tissu est formé d'éléments à parois minces, semblables entre eux. C'est ce que l'on trouve chez :

Ptychosperma angustifolia Bl.
— *elegans* Bl.
Euterpe oleracea Mart.

b) Dans la région interne, occupée par les faisceaux libéro-ligneux, les cellules du tissu fondamental sont beaucoup plus petites, ovales ou arrondies, et conservent des parois minces (*Orania macrocladus* Mart. et *Licuala elegans* Bl.) ou épaississent leurs parois, comme on peut l'observer chez :

Pinanga disticha Bl.
— *Kuhlii* Bl.
— *patula* Bl.
Nenga Wendlandiana Scheff.
Ptychosperma Teysmanniana.
Caryota sp. Siam.
Orania Philippinensis Scheff.
Bactris Maraja Mart.

Enfin, j'ai trouvé un tissu fondamental offrant trois régions distinctes chez les Palmiers suivants :

Oreodoxa regia Kth.
Heterospatha elata Scheff.
Caryota sobolifera Wall.
— sp. Manille.
Bactris major Jacq.
Cocos plumosa Hook.

Chez cette dernière plante, toutes les régions du tissu fondamental sont composées de cellules à parois épaissies.

Le tissu fondamental montre souvent des lacunes par dissociation de certains éléments (par exemple *Pinanga disticha* Bl.) et parfois même des canaux aérifères (*Caryota*) qui peuvent renfermer des raphides très longues (*Caryota* sp. Manille) ou des raphides courtes (*Caryota* sp. Siam).

Dans le tissu fondamental, on trouve assez fréquemment des cellules cristalligènes [1]. Celles-ci contiennent des raphides courtes (par exemple

[1] Laborie a d'ailleurs observé que les macles et les cristaux existent souvent en plus grande quantité dans les éléments de l'écorce des axes à fruits, que dans ceux de l'écorce des axes végétatifs (*Recherches sur l'anatomie des axes floraux*, p. 165).

Pinanga disticha Bl.) ou des raphides longues (par exemple *Ptychosperma angustifolia* Bl.). Parfois on rencontre, dans la même plante, ces deux genres de raphides (*Caryota* sp. Manille).

Les cellules cristalligènes sont rondes ou ovales. Elles peuvent avoir le même diamètre que les éléments voisins du tissu fondamental ambiant (par exemple *Ptychosperma elegans* Bl.), mais leur diamètre est généralement supérieur (par exemple *Pinanga ternatensis* Scheff.). Il est très rarement moindre (*Orania Philippinensis* Scheff.).

Les paquets de raphides, dans certaines plantes, sont disposés parallèlement à l'axe de figure de l'organe (par exemple *Ptychosperma angustifolia* Bl.); dans d'autres, on les trouve placés perpendiculairement à cet axe (par exemple *Pinanga disticha* Bl.) ou parallèlement à la surface de l'organe.

Le tissu fondamental est parcouru soit par des massifs scléreux, soit par des sclérites, et celles-ci sont isolées ou réunies en petits groupes de deux ou de trois (*Actinorhytis Calapparia* Wendl. et Drude).

Le nombre des massifs scléreux varie beaucoup d'une espèce à l'autre. Dans certaines plantes, les massifs sont très nombreux; dans d'autres, ils sont peu nombreux ou même plus ou moins rares. Ils se composent d'éléments à section transversale polygonale, dont les parois sont peu épaissies (par exemple *Pinanga ternatensis* Scheff.), assez épaissies (par exemple *Oreodoxa regia* Kth.) ou fort épaissies (par exemple *Ptychosperma elegans* Bl.) D'ordinaire, les éléments des massifs scléreux sont analogues à ceux du croissant extérieur des faisceaux libéro-ligneux et ils possèdent des parois de même épaisseur. On en rencontre cependant dont les parois ont une épaisseur beaucoup plus considérable.

Avec les massifs scléreux et, dans certains cas, les cellules de l'hypoderme et du tissu fondamental, les faisceaux libéro-ligneux forment un appareil mécanique ou stéréome plus ou moins développé.

D'après Schwendener [1], si les organes caulinaires aériens peuvent être considérés comme des types de constructions destinées à résister à la flexion,

[1] Schwendener, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen.*

les racines, au contraire, sont construites en vue de la résistance qu'elles doivent opposer à la traction. Le savant professeur de Berlin [1] a montré, en outre, que les cellules mécaniques des faisceaux et les éléments conducteurs qui leur sont associés, manifestent une tendance centripète nettement accusée dans les organes soumis à une traction naturelle. Dans les racines, par exemple, on remarque que les éléments mécaniques sont surtout groupés autour et dans le voisinage immédiat du centre de figure de l'organe, formant un cordon axile souvent à peu près plein. Une disposition analogue s'observe dans les autres organes soumis à une traction. C'est le cas pour les rhizomes, les tiges submergées, les tiges grimpantes et leurs vrilles, ainsi que les organes pendants [2], et, parmi ceux-ci, certains pédicelles fructifères et axes d'inflorescence [3], entre autres ceux de quelques Palmiers [4].

Dans certains axes fructifères de Palmiers, la disposition de l'appareil mécanique rappelle d'une manière frappante celle que l'on rencontre chez

[1] SCHWENDENER, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen*, p. 116.

[2] En 1887, A.-Y. Grevillius a communiqué à une société scientifique d'Upsal * les résultats de quelques recherches qu'il avait entreprises sur le système mécanique des organes pendants des plantes. Il a examiné à la fois des plantes ligneuses et des plantes herbacées.

Dans le groupe des ligneuses, il a comparé la structure des rameaux pendants à celle des rameaux dressés, soit chez la même espèce (*Casuarina muricata, Fraxinus parvifolia*), soit chez des formes voisines, caractérisées, l'une par des rameaux dressés, l'autre par des rameaux pendants (*Fraxinus excelsior* et v. *pendula, Betula verrucosa* v. *Dalecarlica* et *Betula papyracea, Abies excelsa* et v. *viminalis*). Cette étude a établi que les rameaux pendants, chez la même espèce ou chez des espèces voisines, sont plus longs et plus minces que les rameaux dressés et qu'ils ont un système mécanique plus faible manifestant une tendance centripète.

Pour ce qui concerne les plantes herbacées, A.-Y. Grevillius a donné des indications sur le système mécanique des tiges pendantes de *Kleinia gonvelada, Dichondra argentea, Disandra prostrata, Tradescantia albiflora, Spironema fragrans, Chlorophytum orchidastrum*, ainsi que sur celui des diverses parties de la feuille décombante de *Bonapartia juncea*.

[3] G. HABERLANDT, *Die physiologischen Leistungen der Pflanzengewebe* (SCHENK'S HANDBUCH DER BOTANIK, vol. II, p. 621).

[4] SCHWENDENER, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen*, p. 125.

* A.-Y. GREVILLIUS, *Einige Untersuchungen über das mechanische System bei hängenden Pflanzentheilen* (Botaniska Sectionen af naturvetenskapliga Studenträllskapet i Upsala. *Originalberichte gelehrter Gesellschaften* [BOTAN. CENTRALBL., vol. XXXI, 1887, nº 13]).

les rhizomes [1]. C'est ainsi, par exemple, que l'appareil mécanique de l'axe du *Caryota* sp. Siam, sur une section transversale, présente une disposition identique à celle qui a été figurée par Schwendener pour le rhizome de *Carex stricta* [2]. Dans tous les axes fructifères étudiés, on observe d'ailleurs une tendance plus ou moins nettement accusée des faisceaux libéro-ligneux, et le groupement de ces derniers affecte diverses dispositions qui peuvent être ramenées à quatre types principaux.

I. Faisceaux libéro-ligneux libres, au moins dans la partie centrale, et plus ou moins nombreux, manifestant une tendance centripète plus ou moins nettement accusée et plongés dans un tissu fondamental homogène, à parois minces ou épaissies :

Areca triandra Roxb.
— — var. *bancana* Scheff.
Pinanga patula forma *Sumatræ*.
— *ternatensis* Scheff.
Ptychosperma angustifolia Bl.
— *elegans* Bl.
Drymophlœus Ceramensis Miq. (v. fig. 2).
Ptychandra glauca Scheff.
Didymosperma porphyrocarpum W. et D.
Phœnix dactylifera L.
Acanthorhiza aculeata Wendl.

II. Faisceaux libéro-ligneux libres, au moins dans la partie centrale, et plus ou moins nombreux, manifestant une tendance centripète nettement

[1] Laborie a observé le même fait chez d'autres plantes (*Recherches sur l'anatomie des axes floraux*, p. 183). Cette ressemblance s'explique, comme nous venons de le voir, par une analogie dans les conditions mécaniques. Je crois devoir copier ici les lignes où le savant français a consigné ses observations sur ce sujet :

« Les recherches de M. Duchartre sur les bulbes des Lis (*Observations sur le genre Lis* ; » Paris, 1871) ont mis hors de doute, chez les Monocotylédones, l'identité du bulbe et » du rhizome, et les travaux de MM. Vanpell, Chatin et surtout de M. J. Costantin (*Étude* » *comparée des tiges aériennes et souterraines des Dicotylédones* ; Paris, 1883), ont fait con- » naître l'organisation des tiges souterraines des plantes Dicotylédones.

» Or, si l'on compare les caractères généraux que M. J. Costantin assigne à l'organisa- » tion de ces tiges avec ceux des axes à fruit, on remarque une analogie dont il est presque » superflu de constater l'importance. Comme les axes à fruit, les rhizomes possèdent,

accusée et plongés dans la région interne, à parois minces ou épaissies, d'un tissu fondamental hétérogène :

Pinanga Kuhlii Bl.
— *patula* Bl.
Nenga Wendlandiana Scheff.
Ptychosperma Teysmanniana.
Orania macrocladus Mart.
— *Philippinensis* Scheff.
Licuala elegans Bl.
Bactris major Jacq.
Cocos plumosa Hook (v. fig. 6).

III. Faisceaux libéro-ligneux plus ou moins nombreux ; les plus grands, intérieurs, soudés par leur fourreau scléreux, formant un anneau plus ou moins fréquemment interrompu :

Areca Madagascariensis Mart. (v. fig. 1).
Actinorhytis Calapparia Wendl. et Dr.
Cyrtostachys Renda Bl.
Euterpe oleracea Mart.
Licuala amplifrons Miq.

IV. Faisceaux libéro-ligneux soudés en un cordon axile plein présentant des crevasses plus ou moins profondes et plus ou moins larges :

Pinanga disticha Bl.
Oreodoxa regia Kth.
Heterospatha elata Scheff.
Caryota sobolifera Wall.
— sp. Manille.
— sp. Siam (v. fig. 3).
Bactris Maraja Mart.

» d'après M. J. Costantin, une augmentation du volume de l'écorce, une diminution mar- » quée de l'appareil de soutien, collenchyme, fibres libériennes (péricycliques), une ligni- » fication moins complète de la partie interne des faisceaux, une réduction du volume de » la moelle.

» L'anatomie nous conduit donc à regarder les tiges souterraines des Dicotylédones » comme de véritables axes à fruit et, par suite, à rapprocher de ces derniers les rhizomes » et les bulbes des plantes Monocotylédones. »

[2] (Note de la page 45.) Schwendener, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen,* pl. XIII, fig. 1.

Ainsi que j'ai pu m'en assurer, à la suite de certains essais, et contrairement à mes prévisions, le volume, le poids et le nombre des fruits n'ont pas d'influence marquée sur ces modes de groupement dans les axes examinés, c'est-à-dire dans ceux qui portent directement les fruits [1].

Les Palmiers ont fourni à Schwendener son quinzième type d'organisation du système mécanique dans les organes cylindriques, construits en vue de la résistance qu'ils ont à opposer à la flexion. Il attribue à ce type les caractères suivants :

« Zahlreiche subcorticale Gefässbündel mit starker Bastbekleidung, letz-
» tere auf die Aussenseite der Bündel beschränkt, jedoch bei kleineren
» Mestomsträngen zuweilen übergreifend. Stengel nicht hohl, aber im
» Innern weich ; die markständigen Bündel im Gewebe zerstreut, mit schwa-
» chen Bastbelegen. Rinde von zahlreiche kleinen Bastbündeln durch-
» zogen [2]. »

Dans les organes qui ont à opposer une certaine résistance à la flexion, Schwendener ne mentionne donc l'existence d'une gaîne scléreuse continue que chez les petits faisceaux libéro-ligneux. Dans les axes fructifères que j'ai examinés, tous les faisceaux libéro-ligneux sont entourés d'un fourreau scléreux entier, mais ce fourreau peut être homogène ou hétérogène.

Au point de vue mécanique, il est intéressant de noter que le fourreau

[1] Ces axes méritaient, à cet égard, de fixer l'attention. Leurs fruits ont sensiblement la même forme, celle d'un ellipsoïde de révolution allongé ou aplati, et pour le calcul de leur volume, on pouvait sans inconvénient employer la formule $\frac{11}{21} a^2b$, dans laquelle a représente le plus court ou le plus grand diamètre, selon que l'ellipsoïde est allongé ou aplati. Dans les limites de nos déductions et pour les types étudiés, on pouvait de même considérer la densité comme égale chez tous, de sorte que les nombres exprimant les volumes pouvaient aussi être regardés comme proportionnels aux poids dans le calcul des tractions exercées, soit sur l'unité de surface, soit sur l'unité de volume des supports. Enfin, pour dégager l'influence produite par le nombre des fruits, il suffisait de calculer le nombre des fruits que l'on devait rencontrer sur une longueur de 100 centimètres. Mais, comme je l'ai dit plus haut, ces recherches ne m'ont donné aucun résultat satisfaisant. C'est seulement en examinant des inflorescences entières, à l'état frais, encore attachées à la plante, que l'on parviendrait à obtenir des données positives, qui seraient intéressantes, non seulement pour la famille qui fait l'objet de ce travail, mais encore pour l'anatomie physiologique en général.

[2] SCHWENDENER, *Das mechanische Princip im anatomischen Bau der Monocotylen*, p. 66.

scléreux des faisceaux libéro-ligneux est souvent hétérogène, c'est-à-dire que la portion de la gaîne qui regarde l'extérieur (croissant extérieur) [1] est composée de cellules à parois plus épaissies que les éléments de la partie interne (croissant intérieur).

Le fourreau scléreux se compose de deux croissants chez toutes les espèces, sauf une (*Acanthorhiza aculeata* Wendl.), qui appartiennent au premier des quatre groupes dont je viens d'établir les caractères. Dans les trois autres groupes, le fourreau est homogène chez les espèces suivantes :

Nenga Wendlandiana Scheff.
Orania macrocladus Mart. (v. fig. 5).
— *Philippinensis* Scheff
Licuala elegans Bl.
Bactris major Jacq.
Cocos plumosa Hook.
Actinorhytis Calapparia Wendl. et Drude.
Euterpe oleracea Mart.
Caryota sp. Manille.
— sp. Siam.
Bactris Maraja Mart.

L'épaisseur du fourreau scléreux diffère très souvent aux deux extrémités du plan de symétrie des faisceaux. J'ai indiqué pour chaque espèce le nombre moyen des rangées cellulaires qu'on y rencontre.

Les dimensions des massifs libériens varient dans des limites très étendues. Dans certaines plantes, le liber est très développé et, sur une section transversale, il occupe une aire égale au tiers de la surface totale du faisceau libéro-ligneux (*Nenga Wendlandiana* Scheff.). Chez d'autres, le liber est beaucoup moins volumineux ($\frac{1}{8}$ dans l'*Euterpe oleracea* Mart., par exemple) et parfois même il est très réduit ($\frac{1}{17}$, par exemple, dans l'*Areca Madagascariensis* Mart.).

Ces massifs libériens présentent des formes très variées. On en rencontre ayant l'apparence d'un triangle à angles arrondis (par exemple *Areca Mada-*

[1] Voir page 8.

gascariensis Mart.), ou d'un croissant (par exemple *Oreodoxa regia* Kth.), ou encore d'un ε renversé (par exemple *Orania Philippinensis* Scheff.). Il arrive aussi que le liber soit divisé en deux massifs, triangulaires ou elliptiques, par des éléments sclérifiés (par exemple *Licuala amplifrons* Miq.). Dans quelques plantes, certains éléments épaissis du croissant extérieur semblent appartenir au liber (par exemple *Areca Madagascariensis* Mart.).

Les vaisseaux, plus ou moins nombreux selon les espèces, sont ronds, ovales ou polygonaux. D'ordinaire, on observe, dans le bois, un, deux ou plusieurs vaisseaux dont le diamètre l'emporte de beaucoup sur celui des autres éléments vasculaires (par exemple *Areca Madagascariensis* Mart.); cependant chez *Acanthorhiza aculeata* Wendl., on ne trouve pas de vaisseau à diamètre prédominant. Entre ces deux cas extrêmes, on rencontre de très nombreuses transitions. Chez quelques espèces, les grands vaisseaux ont une section de diamètre très considérable ; je citerai, notamment, *Orania Philippinensis* Scheff. Dans cette dernière plante, certains faisceaux montrent des vaisseaux possédant intérieurement un fort cadre d'épaississement, formé de nombreuses couches scléreuses successives et traversé par une foule de canalicules très minces.

Le parenchyme ligneux est plus ou moins développé suivant les espèces.

TABLE DES MATIÈRES.

EXPLICATION DES FIGURES.

ABRÉVIATIONS.

Ép.	Épiderme.	C. e.	Croissant extérieur.
Hy.	Hypoderme.	C. i.	Croissant intérieur.
T. f.	Tissu fondamental.	B.	Bois.
M. s.	Massif scléreux.	R. i.	Région interne du tissu fondamental.
L.	Liber.	La.	Lacune.

Fig. 1. Section transversale d'ensemble de l'axe fructifère de l'*Areca Madagascariensis* Mart.

— 2. Section transversale d'ensemble de l'axe fructifère du *Drymophlœus Ceramensis* Scheff.

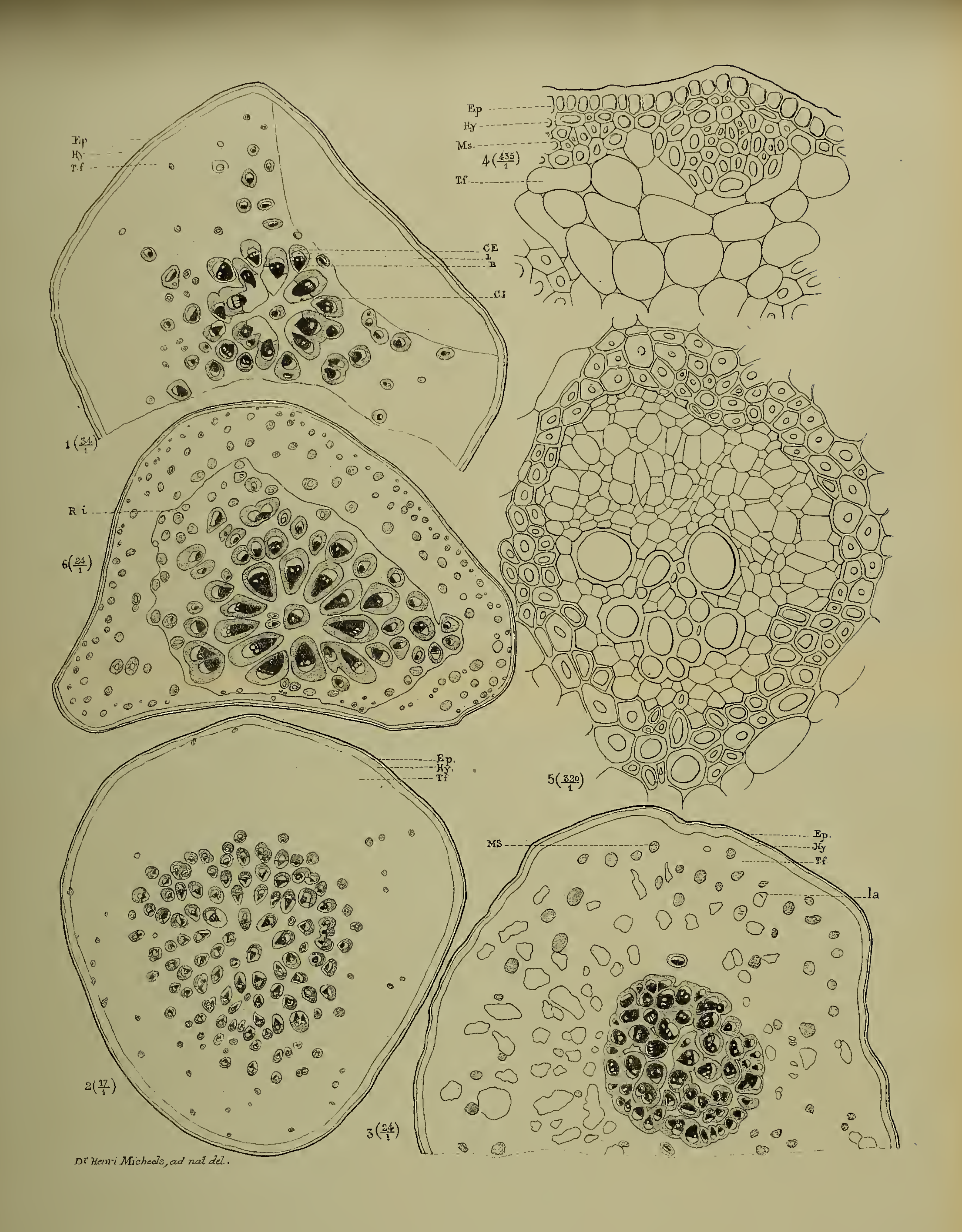
— 3. Section transversale d'ensemble de l'axe fructifère du *Caryota* sp. Siam.

— 4. Fragment d'une section transversale de l'axe fructifère du *Phœnix dactylifera* L.

— 5. Section transversale d'un faisceau libéro-ligneux de l'axe fructifère de l'*Orania macrocladus* Mart.

— 6. Section transversale d'ensemble de l'axe fructifère du *Cocos plumosa* Hook.

Le grossissement réel est indiqué à côté de chaque figure.



Dr Henri Micheels, ad nat. del.

ÉTUDES

SUR

L'ATTACHE DES CLOISONS CELLULAIRES

PAR

É. DE WILDEMAN,

DOCTEUR EN SCIENCES NATURELLES.
ATTACHÉ AU JARDIN BOTANIQUE DE L'ÉTAT.

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 15 octobre 1892.)

ÉTUDES

SUR

L'ATTACHE DES CLOISONS CELLULAIRES.

La structure si complexe des organismes végétaux et animaux ne paraît point, à première vue, soumise à des lois géométriques. Les cellules qui composent un tissu sont, pour un observateur superficiel, groupées irrégulièrement; les cloisons qui prennent naissance dans leur intérieur et les subdivisent semblent disposées sans ordre.

Cependant quelques auteurs, qui ont étudié avec soin le groupement des cellules dans les tissus jeunes des plantes, là où un grand nombre de divisions se succèdent rapidement, ont constaté que cette disposition sans ordre n'est qu'une apparence, et qu'en vérité l'agencement des cellules jeunes dans un tissu quelconque est réglé par certaines lois.

Un des auteurs qui ont attiré les premiers l'attention sur la façon dont s'orientent les cloisons est Hofmeister. Sans cependant en tirer de grandes conséquences, il a fait remarquer que dans les divisions d'organes cylindriques, la bipartition d'une cellule a toujours lieu par la formation d'une cloison perpendiculaire à l'axe. Dans la formation des rameaux, la cloison qui apparait est oblique par rapport à l'axe du filament principal, perpendiculaire à celui du rameau naissant. Il dit d'ailleurs : « Die theilende Wand steht ausnahmslos senkrecht zur Richtung des stärksten vorangegangenen Wachsthums der Zelle [1] ».

[1] *Zusätze und Berichtigungen zu den 1851 veröffentlichten Untersuchungen der Entwicklung höherer Kryptogamen*, in *Pringsh. Jahrbüch. f. wissenschaftl. Bot.*, t. III, 1863, p. 272.

L'auteur reprend la même assertion dans son *Lehre von der Pflanzenzelle* [1], tout en omettant le mot « ausnahmslos ».

Mais on comprend qu'une cloison, quoique perpendiculaire à l'axe d'une cellule ou d'un filament, puisse s'attacher aux parois externes sous des angles très différents; il suffit pour cela de comparer des cellules rectangulaires avec des cellules pyramidales ou polyédriques.

Sachs, dix ans plus tard, a réétudié ces questions d'attache des cloisons; et de ses observations il a déduit le « principe de la section rectangulaire [2] ».

Lui d'abord, Schwendener [3] ensuite, ont le plus contribué à faire admettre cette idée que dans tous les tissus, quelque complexes qu'ils soient, les cloisons cellulaires se coupent, lors de leur formation, sous des angles droits.

Sachs a ainsi ramené la direction des cloisons des tissus végétaux à des systèmes de trajectoires orthogonales. Il distingue les cloisons périclines, qui présentent des courbures analogues à celles de la périphérie de l'organe considéré; les anticlines qui coupent ce premier système de courbes rectangulairement et sont perpendiculaires à la surface externe, et enfin les radiales qui passent par l'axe pour aboutir à la périphérie. Toutes ces lignes forment en leurs points d'intersection des angles de 90°.

Dans un travail plus étendu, publié par Sachs dans les *Arbeiten des botanischen Instituts* de Wurzbourg [4], l'auteur fait très bien remarquer que les idées émises par Hofmeister ne cadrent même pas avec les figures publiées par ce dernier dans son *Lehre von der Pflanzenzelle.*

1 Hofmeister, *Handbuch der physiologischen Botanik*, Bd. I, Leipzig, 1867 : *Lehre von der Pflanzenzelle*, p. 129.

2 *Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen*, in *Verhandl. d. phys.-med. Gesellsch. Würzburg*, n. F. XI, 1877.

3 *Ueber die durch Wachsthum bedingte Verschiebung kleinster Theilchen in trajectorischen Curven*, in *Monatsbericht. d. königl. Ak. d. Wissenschaft.* Berlin, 1880. — Schwendener (*Ueber den Bau und das Wachsthum des Flechtenthallus* in *Naturforsch. Gesellschaft*, Zürich, Febr. 1860) a été le premier à appliquer au règne végétal la notion des trajectoires orthogonales; il l'emploie pour expliquer son deuxième type de croissance du thalle des Lichens.

4 *Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzentheilen*, in *Arb. bot. Inst. Würzburg*, Bd II, 1882, p. 46.

Reinke, dans son *Lehrbuch der Botanik* [1], consacre plusieurs paragraphes à l'étude de l'attache des cloisons, mais ne paraît pas admettre, comme le fait Sachs, une cause intime, qui siégerait dans le protoplasme. Reinke ne voit point dans la section rectangulaire des membranes, si répandue parmi les organismes, une suite nécessaire de la croissance, et il cite à l'appui de cette idée plusieurs attaches sous un angle aigu, dont nous aurons d'ailleurs à reparler plus loin.

Dans un travail publié en 1881 [2], Kienitz-Gerloff a essayé de combattre les idées de Sachs, et de ramener la position des cloisons à la règle proposée par Hofmeister, à savoir que les membranes nouvelles se forment toujours perpendiculairement à l'axe de la plus forte croissance de la cellule. Cela n'est pas toujours synonyme du principe de Sachs, comme je l'ai déjà rappelé plus haut; et l'on ne comprend nullement, par les seules idées de Hofmeister, la raison des courbures que présentent si souvent les cloisons cellulaires. Dans certains cas cités par Kienitz-Gerloff lui-même, dans le *Dictyota*, par exemple, on ne saisit pas pourquoi la membrane se courbe en verre de montre, alors qu'elle aurait une bien plus petite surface et qu'elle répondrait encore à la règle de Hofmeister si elle était plane.

Quant aux exceptions que Kienitz-Gerloff avait essayé de faire valoir, dans un travail antérieur [3], contre le principe de la section rectangulaire, il y aurait tout lieu d'examiner plutôt, comme le dit déjà Sachs, si elles ne rentrent pas dans les règles générales [4].

Leitgeb, tout en admettant la théorie de Sachs, a fait connaître, dans ses *Untersuchungen über die Lebermoose*, quelques cas de cloisons dont les attaches ne paraissent pas se faire suivant le principe de la section rectangulaire [5]. Il cite surtout les cloisons des cellules qui doivent former les élatères et

[1] *Lehrbuch der allgemeinen Botanik*. Berlin, 1880, p. 519.

[2] *Ueber Wachsthum und Zelltheilung und die Entwickelung der Embryos von Isoëtes lacustris*, in *Bot. Zeit.*, 1881, pp. 761 et suivantes.

[3] *Untersuchungen uber die Entwickelungsgeschichte der Laubmoos-Kapsel und die Embryo-Entwickelung einiger Polypodiaceen*, in *Bot. Zeit.*, 1878, p. 58.

[4] *Ueber Zellenanordnung und Wachsthum*, in *Arb. Bot. Inst. Würzburg*, Bd. II, p. 196.

[5] *Untersuchungen über die Lebermoose*, Heft II. Graz, 1881, p. 4, note.

les cellules mères de spores. Les figures des planches I et V du deuxième fascicule montrent, en effet, quelques-unes de ces cloisons. Dans la planche V, en particulier, les figures 9, 10, 11, qui représentent des coupes de sporanges du *Lepidozia reptans*, montrent des cloisons incontestablement obliques. Dans le *Fossombronia*, la séparation de cellules terminales dans le but de former des ramifications se ferait aussi au moyen de cloisons fortement obliques, comme le montrent les figures de la planche VIII du troisième fascicule [1].

Je n'ai pas eu l'occasion de vérifier les assertions de Leitgeb et de voir si, dans ces cas, nous n'avons pas affaire à des cloisons analogues à celles que l'on a signalées dans bien des Algues, dans le *Taonia atomaria*, par exemple.

Les cloisons obliques des tissus d'*Hépatiques* et de *Mousses*, de même que celles qu'on voit dans les sporanges de quelques *Fougères*, et en particulier dans les sporanges du groupe des *Polypodiacées*, doivent donc être réétudiées à ce point de vue.

Il ne faut pas considérer la disposition en trajectoires orthogonales comme une conséquence inévitable du principe de Sachs; ainsi que le remarque Errera [2], cet aspect des groupements cellulaires n'est qu'un cas-limite d'autant mieux réalisé que les cellules sont plus petites. Mais l'attache de la cloison ne s'en fait pas moins à angle droit, pourvu que la multiplication cellulaire ait lieu par bipartition, c'est-à-dire que la membrane nouvelle vienne s'attacher sur une cloison plus ancienne.

Pour les végétaux, du moins pour ceux chez lesquels la division cellulaire se fait par l'intermédiaire d'un corps lenticulaire formateur de la plaque cellulosique ou phragmoplaste [3], la forme de celui-ci est fort probablement en rapport avec le mode d'attache à angle droit. La forme d'ellipsoïde de révolution, affectée par le phragmoplaste, doit favoriser grandement l'attache rectangulaire de la membrane qui prend naissance en son équateur [4].

1 *Loc. cit.*, Heft III, pl. VIII, fig. 4^a et 4^b.

2 *L'épiplasme des Ascomycètes et le glycogène des végétaux*. Bruxelles, 1882, p. 80, proposition IX.

3 Errera, in *Tagebl. Naturforsch. Versamml.* Wiesbaden, 1887; reprod. in *Biol. Centralbl.*, février 1888.

4 Errera, *L'épiplasme*, etc., p. 80, proposition VIII.

Des recherches entreprises récemment, et encore peu nombreuses, ont également fait voir que le principe de la section rectangulaire et la disposition des membranes en anticlines, périclines et radiales, se retrouvent dans beaucoup de tissus animaux.

Rauber [1] a le premier attiré l'attention sur ces faits, dans un petit opuscule où nous voyons la structure histologique des animaux comparée à celle des plantes. Dans un travail plus complet [2], il démontre l'analogie qui existe, sous ce rapport, entre les tissus embryonnaires des animaux et les tissus végétaux.

Tout récemment et sans connaître les travaux de Rauber, Sachs [3] a émis des vues analogues, et a attiré l'attention sur les conséquences que pourrait fournir une telle étude chez les animaux.

Les gastrulas de l'*Amphioxus* présentent très nettement les trois systèmes de lignes se coupant sous des angles de 90°. Certains tissus animaux paraissent cependant présenter des exceptions, mais l'attention n'a pas été portée suffisamment sur ce point. De nouvelles recherches sont à faire dans cette voie.

Plusieurs tissus végétaux montrent néanmoins des groupements tout à fait spéciaux et qui ne s'accordent nullement avec le principe de la section rectangulaire. Dans les albumens, par exemple, les angles que forment les cloisons entre elles sont beaucoup plus grands que l'angle droit.

Il en est de même lorsque, par division simultanée, une cellule en forme quatre : il se produit six cloisons qui se coupent entre elles sous des angles égaux, tout en s'attachant rectangulairement sur la paroi externe, comme Sachs l'a déjà fait remarquer [4]. Ces angles au centre doivent avoir théoriquement 120°, et l'observation prouve que dans les tissus leur valeur est

[1] *Thier und Pflanze. Akad. Programm.* Leipzig, 1881.

[2] *Neue Grundlegungen zur Kenntniss der Zelle*, in *Morph. Jahrbuch*, Bd VII, 1882, pp. 279 et 334.

[3] *Physiologische Notizen.* II, *Beiträge zur Zellentheorie.* (b) *Die rechtwinklige Schneidung der Zelltheilungsflächen und ihre Beziehung zur Organbildung bei Thieren* in *Flora.* Marburg, 1892, p. 63.

[4] *Ueber d. Anordn. d. Zellen*, loc. cit., p. 7, et *Vorlesungen über Pflanzen-Physiologie.* Leipzig, 1882, p. 526, fig. 268.

voisine de celle que l'on obtient par le calcul. La fragmentation du protoplasme, sans formation de cloisons, se fait aussi souvent sous des angles de 120° : on peut très bien l'observer dans les zoosporanges, et en particulier dans ceux des *Saprolegniées*, comme cela a déjà été figuré souvent.

Il fallait donc chercher si une notion plus générale que celle de Sachs ne pouvait s'appliquer à la structure du squelette cellulaire, englobant en même temps la loi de l'attache rectangulaire et celle de l'attache sous un angle plus considérable.

Berthold, par son grand travail sur le protoplasme [1], a fait faire un pas de plus dans la connaissance de l'agencement des cloisons cellulaires. Il a essayé de grouper les faits observés et de les subordonner à une règle unique : les membranes formeraient toujours une surface minimum (*minimæ areæ*). Il n'a point cependant donné une explication mécanique de cette particularité remarquable, comme Klebs l'a déjà fait ressortir avec raison [2]. L'analogie qu'il indique avec les lames liquides, n'implique nullement pour lui une identité de causes [3].

Errera [4], dont le travail a paru en même temps que celui de Berthold, a été le premier à rattacher directement à la physique moléculaire les formes que présentent les cellules en général. La membrane, au moment de sa naissance, doit être envisagée, d'après lui, comme une lame mince et plastique dont les éléments présentent les uns par rapport aux autres une mobilité comparable à celle des particules liquides, et le milieu protoplasmique ambiant étant demi-liquide et de même densité qu'elle, le poids de la cloison se trouve éliminé en vertu du principe d'Archimède. La membrane doit donc être soumise aux mêmes lois que celles qui régissent les conditions de stabilité des lames liquides sans pesanteur (eau de savon par exemple), si bien étudiées par Plateau [5].

1 *Studien über Protoplasmamechanik*. Leipzig, 1886.
2 Cfr. Klebs, in *Biol. Centralbl.*, 1887, p. 201.
3 Berthold, *loc. cit.*, p. 220.
4 *Sur une condition fondamentale d'équilibre des cellules vivantes*, in *Bull. Soc. belge de microscopie*, t. XIII, p. 12 (octobre 1886).
5 *Statique expérimentale et théorique des liquides soumis aux seules forces moléculaires*, 2 vol. Gand et Leipzig, 1873.

En 1887, au congrès des naturalistes de Wiesbaden, Errera a développé ses idées sur la formation, la direction des cloisons et le complet parallélisme que l'on doit établir entre les lamelles d'eau de savon et les lames naissantes de cellulose, du moment où l'on a compris que celles-ci sont comme celles-là le siège d'une tension superficielle [1].

Nous pouvons donc déduire avec Errera qu'*une membrane cellulaire, au moment de sa genèse, tend à prendre la forme que prendrait dans les mêmes conditions une lame liquide sans pesanteur.*

Or, une lame liquide homogène et sans pesanteur n'est en équilibre, comme l'ont démontré les physiciens, que si elle constitue une surface à courbure moyenne nulle ou constante; nous devrons donc retrouver une telle surface dans toute membrane homogène au moment où elle se forme.

Quand les membranes, sous l'influence de leur tension, se sont façonnées en surfaces à courbure moyenne constante ou nulle, elles représentent des surfaces minima. Mais il s'agit ici de minimum relatif et non de minimum absolu : c'est ce qu'a très bien indiqué Plateau [2]. Il n'est donc pas indispensable, comme l'admet Berthold, que dans les cellules toute membrane nouvelle occupe toujours, de toutes les positions possibles, celle qui donne la surface la plus petite.

Ce serait pour satisfaire à cette exigence d'un minimum absolu que, suivant Berthold, les cellules du cambium et celles du bord de certains thalles ne pourraient se diviser longitudinalement; quand la longueur a acquis un certain nombre de fois la largeur, il faut qu'il se produise, d'après lui, une cloison transverse [3].

Dans un cristallisoir plus large que haut, produisons une lame d'eau de savon transversale, c'est-à-dire parallèle au fond du vase, et recouvrons le cristallisoir d'une plaque de verre qui le ferme hermétiquement; faisons glisser ensuite cette cloison jusqu'à ce qu'elle soit devenue verticale et radi-

[1] *Ueber Zellenformen und Seifenblasen in 60 Versamml. deutsch. Naturforsch. u. Aerzte zu Wiesbaden*, in *Biol. Centralbl.*, 1887-1888, p. 728.

[2] Plateau, *loc. cit.*, t. II, p. 297.

[3] Berthold, *loc. cit.*, p. 231.

cale. Sa surface se trouve ainsi diminuée notablement, comme le montre le croquis ci-contre et comme on peut le déterminer par le calcul. De cette position, on peut assez facilement, par des mouvements lents et appropriés, faire revenir la lame à sa position primitive; ceci nous prouve que la réalisation de la surface absolument la plus petite n'est pas une condition nécessaire à la stabilité des lames liquides.

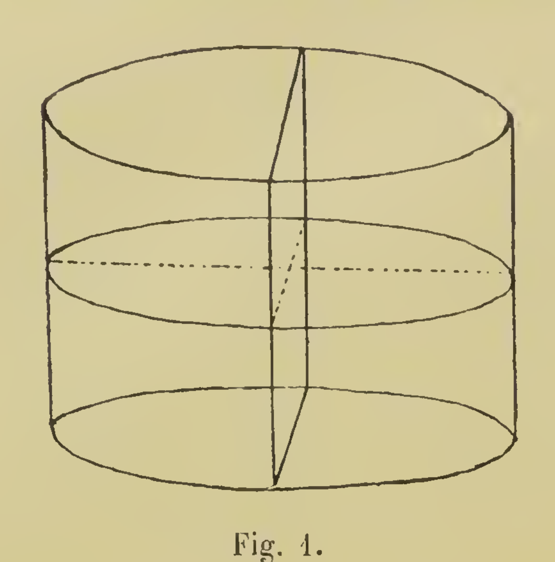


Fig. 1.

Il nous faut donc dire que les lamelles tendent toujours à constituer, non pas un minimum absolu, mais un minimum relatif de surface.

Dans le cambium on trouve en général des cellules d'une assez grande longueur, qui sont cependant divisées longitudinalement. Les membranes se sont-elles formées ainsi, ou cet aspect est-il dû à une croissance postérieure à leur formation ? Je n'ai pu réaliser jusqu'ici artificiellement avec des lames d'eau de savon des membranes semblables à celles du tissu cambial. Si l'on souffle dans un vase allongé, à section elliptique, rappelant donc une cellule cambiale, une cloison transverse, si on le ferme ensuite au moyen d'une plaque de verre et que par des tâtonnements on essaye de déplacer la membrane de façon qu'elle devienne perpendiculaire à sa situation primitive, on n'arrive qu'à lui donner une direction (CF, fig. 2) pareille à celle que présentent les cloisons dites obliques, visibles dans les cellules de bordure de certains thalles. Cette cloison s'attache de part et d'autre à angles droits, comme le montre la figure ci-jointe.

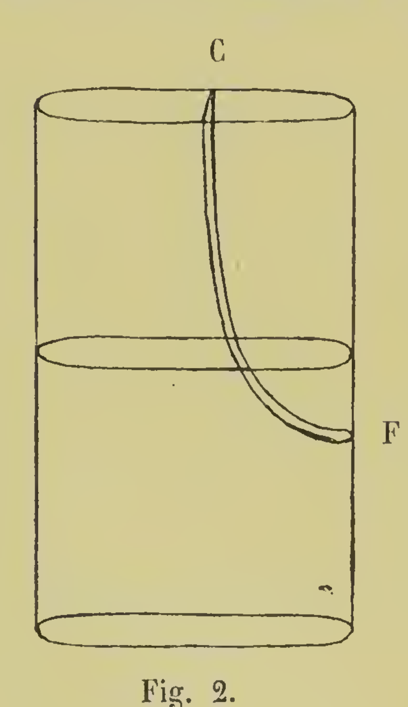
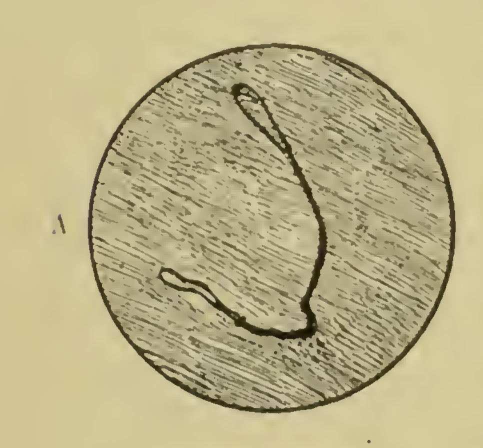


Fig. 2.

Ce qui se passe dans les cellules du cambium est peut-être du même ordre que ce que nous venons de voir. En tout cas, il n'est donc pas absolument nécessaire, comme le veut Berthold, qu'une cellule cambiale ayant atteint une certaine longueur se divise transversalement, puisqu'une cloison oblique par rapport au grand axe de la cellule peut prendre naissance.

Dans la *Vergleichende Anatomie* de de Bary, nous trouvons une description détaillée des cellules du cambium assez en rapport avec ce que nous disions plus haut. Si nous pratiquons une coupe tangentielle dans un rameau de *Cytisus*, par exemple, nous reconnaissons les cellules cambiales à leurs parois radiales obliques; comme le dit de Bary, « beide Radialflächen dachartig gegen einander geneigt [1] ».

A. Zimmermann, dans un travail récent sur la morphologie et la physiologie de la cellule végétale [2], essaye de combattre les idées émises par Errera et Berthold. Avec Berthold, il conteste que la membrane à l'état naissant puisse être comparée à une lame liquide mince; pour le prouver il invoque l'exemple de la division cellulaire des *Spirogyra*. Comme cela a lieu pour toutes les espèces de ce genre et pour la plupart des Algues du groupe des *Conjuguées*, la membrane apparait sous forme d'un bourrelet accolé à l'intérieur du filament. C'est donc une lame trouée en son centre et qui se ferme petit à petit. La tension superficielle ne pourrait, d'après Zimmermann, intervenir ici, car, dit-il, si une lame d'eau de savon est percée en un point quelconque, l'ouverture produite tendra à s'agrandir et non à se refermer.



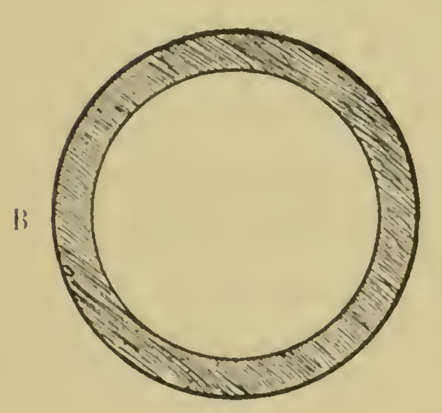


Fig. 3.

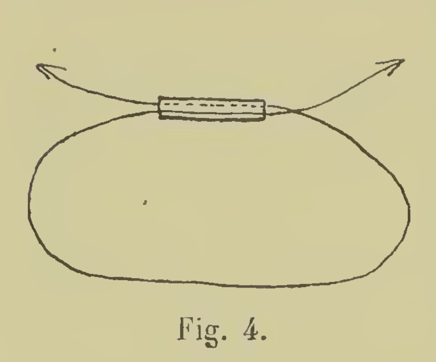
Cette remarque de Zimmermann n'est exacte que s'il n'existe aucun appui bordant la plaie et qui empêche la lame de se déchirer davantage. Prenons un support de la forme du croquis ci-contre, c'est-à-dire constitué par une circonférence en fil de fer supportée par trois pieds; dans la circonférence attachons une lamelle d'eau de savon et déposons à sa surface un anneau en fil de soie (fig. 3, A). Si nous venons à briser la lamelle à l'intérieur de ce

[1] *Vergleichende Anat. d. Vegetationsorgane.* Leipzig, 1877, p. 479, fig. 198.

[2] *Beiträge zur Morphologie und Physiologie der Pflanzenzellen*, Heft II. Tübingen, 1891, pp. 159-166.

fil, le fil se tendra par la tension superficielle et formera une circonférence (fig. 3, B). Cette élégante expérience est due à Van der Mensbrugghe [1].

Nous obtenons ainsi entre le fil de soie et le fil de fer une bande circulaire d'eau de savon comparable à celle qui se forme à l'intérieur du filament de *Spirogyra*. A l'aide d'une pince et d'une aiguille courbe, on peut saisir le fil de soie, diminuer peu à peu l'ouverture circulaire qu'il limite et arriver à reconstituer complètement la lame d'eau de savon, c'est-à-dire faire avec cette lamelle ce qui se passe dans la cellule de *Spirogyra*. On rendra cette expérience plus frappante encore en prenant un fil assez long, dont les extrémités sont passées dans un fragment de tige de graminée, de façon à former un cercle qui puisse s'agrandir ou se rétrécir à volonté, comme le montre la figure 4. La membrane circonscrite par le fil étant crevée, on pourra, en tirant en sens opposés sur les extrémités du fil, diminuer l'ouverture. Celle-ci reste circulaire, par suite de la tension superficielle, jusqu'à ce que la lame soit reconstituée.


Fig. 4.

Cette expérience nous donne le schéma de la division cellulaire de nos Algues : la bande externe représente la cloison en voie de formation, le fil de soie est le cercle limité par les fibrilles qui partent d'au delà du noyau. Ces fibrilles existent fort nettement dans les cellules en division des *Spirogyra*, où tous les auteurs ont pu les observer; elles amènent graduellement la cloison de la périphérie vers le centre, comme nous avons reformé la lame d'eau de savon dans l'expérience précédente.

Quant à l'argument invoqué encore par Zimmermann contre l'état demi-liquide de la lamelle lors de sa naissance, à savoir que la plasmolyse n'agit pas sur elle, ce qui prouverait sa grande résistance, je ne crois pas cet argument capable de démontrer que cette membrane n'a pas été semi-fluide. La solidification peut se faire très rapidement, presque immédiatement après la constitution de la lamelle; cela n'empêche nullement les principes de la phy-

[1] *Sur la tension des lames liquides*, in *Bull. Ac. Belgique*, 2e série, t. XXII, p. 308. Plateau, *loc. cit.*, vol. I, p. 274.

sique moléculaire d'avoir dû intervenir lorsque la cloison se constituait. C'est d'ailleurs la seule chose qui soit postulée par Errera : il soutient seulement que la jeune membrane est « mince et plastique », et que, « par son aptitude à changer de forme et par son extrême minceur », elle se trouve dans les mêmes conditions qu'une lame d'eau de savon.

En plasmolysant des cellules de *Spirogyra* qui se trouvent dans une des dernières phases de la division cellulaire, on peut très bien observer que la membrane, interrompue en son centre, n'a pas acquis dans toutes ses parties une consistance très considérable, et que l'on y trouve souvent des replis. La figure de Hofmeister [1], citée par Zimmermann, est d'ailleurs loin de reproduire avec exactitude ce qui se présente dans la nature. Hofmeister lui-même voyait si peu dans cette figure une preuve de la solidité initiale de la membrane, qu'il dit formellement plus loin que la cloison est demi-fluide au début [2].

La même objection s'appliquerait, d'après Zimmermann, à beaucoup de cloisons de Phanérogames dont la constitution ne se fait pas en une seule fois, mais bien, comme Treub l'a indiqué, par le voyage du phragmoplaste d'un côté de la cellule à l'autre. On peut, à l'aide d'un dispositif spécial, reproduire avec une lame de savon ce qui se passe dans ces cellules. Si, dans un rectangle en fil de fer (fig. 5), nous formons une lame d'eau de savon, et que nous fassions soutenir par la lame liquide un fil de soie attaché en *a* et en *d*, figure 5, A, nous obtiendrons, en crevant la lamelle circonscrite par le fil, une figure comme celle que

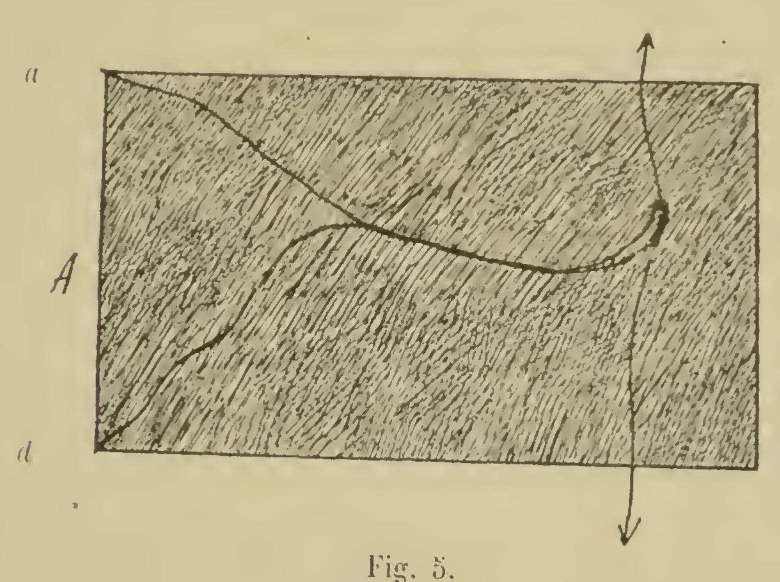


Fig. 5.

[1] HOFMEISTER, *Pflanzenzelle*, p. 112, fig. 26.
[2] *Loc. cit.*, p. 147.

représente le schéma ci-contre (fig. 5, B). Par le procédé employé plus haut, nous parviendrons à reconstituer la lamelle (fig. 5, C). Cette expérience nous prouve donc encore que la tension superficielle n'empêche nullement la reformation d'une lame liquide trouée, à condition qu'il existe une bordure à la plaie.

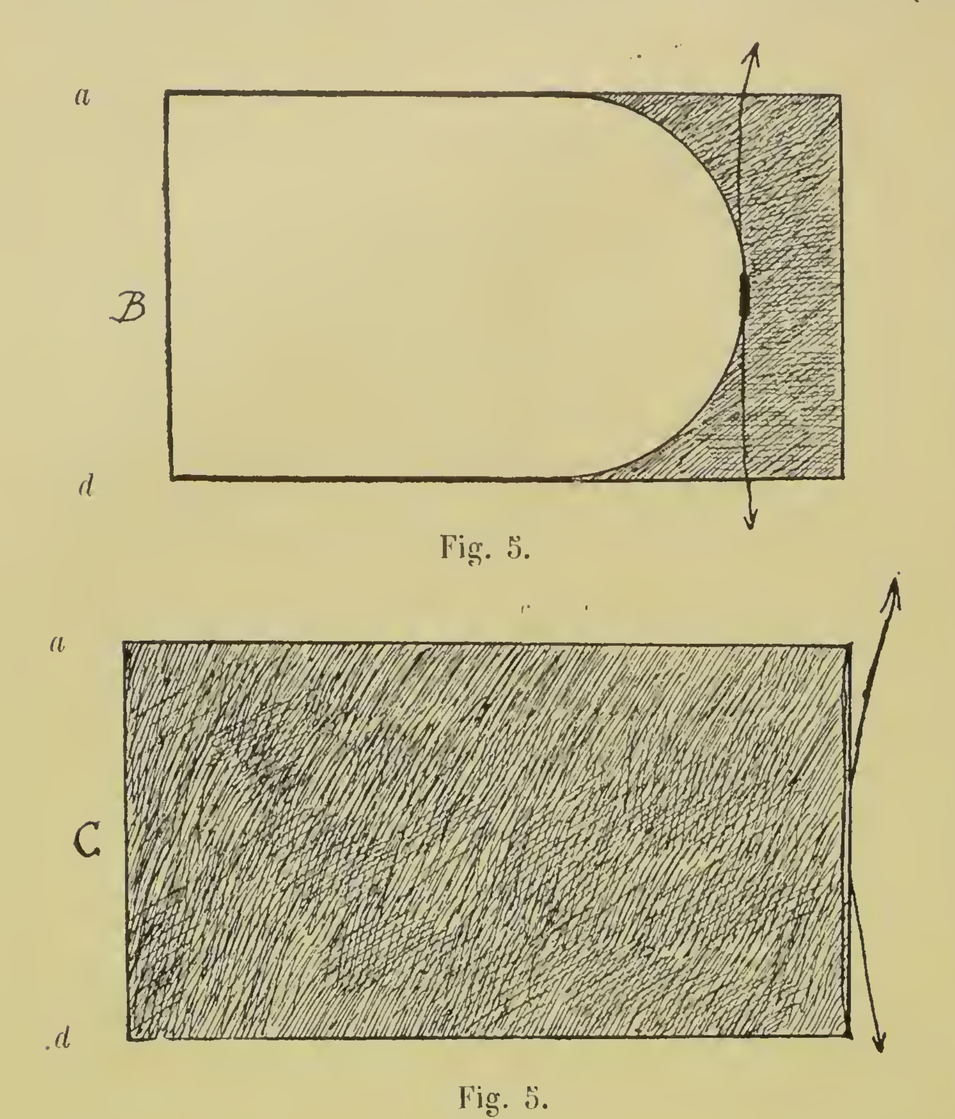


Fig. 5.

Fig. 5.

Le même auteur se refuse à admettre que le phragmoplaste règle l'attache de la nouvelle membrane qui se forme en son équateur. Car, dit-il, il faut rechercher plutôt dans les phases précédentes de la caryocinèse, la cause de la direction que prend la membrane; déjà longtemps avant l'apparition des « Verbindungsfäden », on peut prédire la position de la membrane future. Cela n'est pas toujours exact, comme nous pourrons le voir plus loin en exposant la division des cellules des rhizoïdes des *Mousses*.

Les arguments émis par Zimmermann contre les idées d'Errera et contre celles de Berthold, ne peuvent donc, comme nous l'avons vu plus haut, suffire à les réfuter.

En avril dernier a paru un travail de Dreyer sur les *Rhizopodes* et les *Spongiaires* [1]. Dans ce mémoire l'auteur consacre plusieurs chapitres à l'étude

[1] Fr. Dreyer, *Die Gerüstbildung bei Rhizopoden, Spongien und Echinodermen. Ein Versuch zur mechanischen Erklärung organischer Gebilde*, in *Ienaische Zeitschrift*. Bd XXVI, 1892, pp. 350-356.

des forces qui régissent la structure de ces organismes; il compare la structure de l'organisme végétal à celle des animaux, et trouve que les mêmes lois doivent s'appliquer. D'après lui, l'agencement des cellules répond absolument aux lois que Plateau a formulées pour la disposition des lames liquides dans les systèmes laminaires. Il envisage surtout la rencontre de quatre arêtes formant dans les *Rhizopodes* le type à quatre rayons.

Si donc on est conduit à admettre, dans la formation des tissus végétaux et animaux, des forces moléculaires comparables à celles qui régissent la formation et la disposition des lames d'eau de savon, nous ne pourrons rencontrer dans ces tissus que des membranes s'attachant et se courbant au moment de leur naissance de manière à suivre les lois de l'équilibre des lames liquides minces.

La plupart des dessins, dus à de bons observateurs, sont en accord complet avec cette théorie. On décrit cependant un certain nombre de cloisons, surtout chez les plantes inférieures, qui paraissent constituer des exceptions à ces règles.

Nous nous occuperons, dans ce travail, de quelques-uns des cas les plus importants d'attache prétendûment oblique, en signalant, chemin faisant, d'autres membranes que des auteurs ont figurées à attaches obliques, mais dons nous n'avons pu suivre la formation.

Parmi les groupes de végétaux chez lesquels de pareilles cloisons ont été signalées, nous passerons en revue les *Mousses*, les *Hépatiques*, les *Characées*, les *Phaeophycées*, les *Floridées*, enfin les cellules mères des stomates, dessinées par la plupart des auteurs comme présentant des angles d'attache assez différents de l'angle droit.

MOUSSES.

(Pl. I.)

Dans les différents organes des *Mousses*, on a figuré souvent des cloisons obliques. Une observation superficielle montre en effet des membranes cellulaires qui ne paraissent pas s'attacher à angle droit. Une étude plus approfondie de ces cloisons, quel que soit l'organe où on les remarque, permet de se rendre compte qu'à l'état jeune, lors de la genèse l'attache est toujours rectangulaire. Pour parvenir à ce résultat, la membrane se courbe de différentes façons.

Nous examinerons successivement les membranes qui cloisonnent les rhizoïdes, celles que l'on trouve dans les paraphyses et enfin celles de certaines feuilles, surtout des feuilles assez réduites qui constituent le périchèze des fleurs mâles.

Rhizoïdes.

Les rhizoïdes, souvent colorés en brun à l'état adulte, se distinguent des autres parties des *Mousses*, et en particulier des filaments du protonéma, colorés parfois aussi en brun, par la forme et la disposition des cloisons séparatrices de leurs cellules. Ces dernières, dans le protonéma, sont généralement pourvues de chlorophylle et se divisent par la formation transversale de membranes planes, disposées de façon à s'attacher à angle droit contre les parois du cylindre cellulaire.

Les rhizoïdes, au contraire, ne présentent que fort rarement des granulations chlorophylliennes, et les cloisons, au lieu d'être transverses et perpendiculaires au grand axe du filament, sont en général orientées en biais par rapport à cet axe. Lorsque l'on examine ces membranes avec soin, on constate qu'elles présentent des courbures en forme de semelle, comme Errera l'a déjà fait remarquer [1].

On pourrait croire aussi que les courbures et la disposition si spéciale

[1] *Biol. Centralbl.*, loc. cit.

de ces cloisons sont la suite de modifications survenues postérieurement à leur genèse; au moment où elles naissent, elles seraient disposées transversalement et perpendiculairement aux parois cellulaires, comme dans les filaments du protonéma. Cette opinion serait complètement inexacte. Dans les rhizoïdes, comme dans les parties vertes du protonéma, les membranes qui naissent perpendiculairement à l'axe de la cellule, et ne présentent pas de courbures lors de leur formation, ne s'incurvent pas non plus ultérieurement.

Les membranes en semelle, à première vue, si exceptionnelles, rentrent complètement dans le schéma général que nous avons indiqué. Elles se forment obliquement et pour s'attacher à angle droit; tout en ayant une courbure moyenne constante, elles doivent présenter en chaque point deux courbures compensatrices, c'est-à-dire égales et de signes contraires [1].

Pour bien observer les cloisons, il faut suivre leur développement sous le microscope. On prend pour cela des rhizoïdes dont la membrane n'est pas encore colorée en brun et qui sont bien vivants. Les cellules vivantes se reconnaissent facilement, grâce au mouvement accusé de leur protoplasme. Les extrémités qui conviennent le mieux, pour suivre la division cellulaire, sont celles des filaments principaux des rhizoïdes : elles présentent le plus grand diamètre et ont la croissance la plus régulière.

Le protoplasme de ces cellules prend souvent un aspect vacuoleux et contient un noyau. Celui-ci est assez caractéristique : il est en général arrondi, comme l'a déjà figuré Hofmeister [2]; on le rencontre parfois de forme allongée. Il est constitué par une masse plus ou moins réfringente, munie en son centre d'un nucléole déjà bien visible sur le vivant. Le nucléole emmagasine le plus fortement les matières colorantes et tranche nettement sur le reste du noyau et sur le protoplasme environnant. Ce noyau est donc analogue à ceux des *Spirogyra* et des *Desmidiées*, et à la masse nucléaire que l'on trouve dans les cellules jeunes des *Characées*. Les cellules des rhizoïdes, et en particulier celles situées vers l'extrémité du filament, montrent le mieux

[1] Errera, *Biol. Centralbl.*, 1887-88, loc. cit.
[2] Hofmeister, *loc. cit.*, p. 112, fig. 27.

les noyaux. Dans les cellules du protonéma et dans celles des différentes parties de la plante feuillée, le noyau est beaucoup plus petit et, à l'état vivant, comme par les réactifs, il est plus difficile à apercevoir.

Jusqu'à présent, on n'avait guère étudié la division du noyau chez les Mousses. J'ai pu suivre de nombreuses divisions sur le vivant, mais je ne suis pas parvenu à fixer et à colorer les divers stades de la caryocinèse. Les réactifs fixateurs : acide osmique, acide picrique, picronigrosine, alcool, occasionnent dans les cellules un tel ratatinement, qu'il n'est plus possible de se rendre compte de la forme du noyau.

La culture des rhizoïdes de certaines Mousses se fait assez facilement sous le microscope. Il suffit, à cet effet, de placer sur un porte-objet, dans de l'eau de pluie, quelques fragments présentant l'aspect que nous avons indiqué plus haut. On met au point pour une cellule et l'on peut, en entretenant l'humidité, suivre le développement du filament pendant plusieurs jours.

Mais tous les rhizoïdes ne sont pas dans ce cas : beaucoup ne présentent plus, quand ils sont placés dans ces conditions, ni division nucléaire, ni multiplication cellulaire. Je n'ai malheureusement pu déterminer les espèces qui convenaient le mieux pour étudier la caryocinèse et la division cellulaire.

Par suite de la culture en milieu liquide, on observe fréquemment des modifications dans les formes en expérience. Les portions de cellules nées dans une culture artificielle présentent souvent un diamètre moindre que celui qui existait avant la mise en expérience. On trouve alors en arrière de la pointe, là où la diminution du diamètre se fait, un anneau qui montre l'épaississement de la paroi cellulaire en cet endroit; par ses bords frangés, cet anneau nous indique souvent que la paroi s'est déchirée (pl. I, fig. 31-32, 35-37); souvent la pointe elle-même est recouverte par une espèce de capuchon cellulosique, analogue aux calottes décrites sur certains poils par Zacharias (pl. I, fig. 30).

Une cellule en voie de division présente généralement à l'intérieur de son protoplasme des changements qui font reconnaître son état. Le noyau très bien limité se modifie et prend l'aspect d'une masse granuleuse irrégulière. Puis apparaît dans cette masse d'abord arrondie, un espace plus clair,

plus ou moins fusiforme. On y voit des striations fort nettes, et à l'équateur on trouve des bâtonnets de chromatine. Ces derniers se réunissent alors aux pôles du fuseau; il se constitue ainsi une espèce de phragmoplaste. Les noyaux filles se reforment ensuite petit à petit et s'éloignent de la partie de la cellule où naîtra la cloison séparatrice. Les noyaux s'entourent d'une membrane, laissant derrière eux les fibrilles qui achèveront la cloison cellulaire (pl. I, fig. 1-2). Celle-ci se constitue alors de différentes façons. Nous allons successivement examiner les aspects sous lesquels elle se présente.

Les cloisons du filament principal sont, comme nous l'avons dit plus haut, généralement obliques ou plutôt courbées en semelle. Il nous faut donc rechercher dans la division au moment où apparaissent les membranes, la manière dont s'attachent leurs bords. Dans tous les cas, que la cloison future soit oblique ou perpendiculaire à l'axe du filament, on verra la division nucléaire s'effectuer de façon à faire coïncider l'axe de la figure caryocinétique avec celui de la cellule. Après la constitution du système fibrillaire formateur de la cloison, on voit le corps lenticulaire dont l'équateur était dirigé perpendiculairement à l'axe du filament changer de position, si la membrane prend naissance dans la cellule terminale. L'équateur de ce corps lenticulaire se courbe, afin d'attacher la future membrane en des points situés à des niveaux différents sur la paroi de la cellule. Cette courbure a pour effet de permettre une attache rectangulaire. La membrane ne se constitue que petit à petit, et, lors de son achèvement, la ligne d'attache est plus ou moins oblique; mais la surface même de la cloison présente une courbure double et compensatrice (pl. I, fig. 3-6).

Nous venons d'envisager le cas d'une cloison se formant dans le rhizoïde principal et divisant sa cellule terminale. Les cellules qui se trouvent en arrière de la terminale se divisent moins souvent. Mais si des membranes y prennent naissance, il est très intéressant de suivre leur mode d'apparition, car il s'écarte de celui que nous venons d'examiner. Les cloisons limitantes transverses de ces cellules ont acquis une certaine consistance, fréquemment elles sont colorées, et dans leur épaisseur s'observent parfois plusieurs couches distinctes de cellulose. Dans la division du noyau de ces

cellules, les phases sont les mêmes que dans la caryocinèse des cellules terminales; mais le fuseau formateur au lieu de se courber avant d'attacher la cloison reste dans sa même position (pl. I, fig. 26), et la membrane intercalaire est plane et perpendiculaire à l'axe du filament. J'ai pu voir une série de sept cellules limitées par des cloisons en semelle et divisées chacune par une de ces cloisons planes. On remarque aussi, que deux cloisons en semelle qui se suivent dans un rhizoïde ont souvent des directions opposées. Cette alternance de direction donne un très curieux aspect à l'ensemble du rhizoïde (pl. I, fig. 38).

Pourquoi cette orientation différente et pourquoi les lames cellulosiques qui prennent naissance, après coup, entre deux membranes en semelle sont-elles planes? Ce sont là des points que je n'ai pu éclaircir. Ce cloisonnement intercalaire ne se fait cependant pas souvent, car en général les cellules qui se trouvent en arrière de la pointe ne se divisent plus, si ce n'est pour former des rameaux latéraux.

Lorsque des rhizoïdes au lieu de continuer à se développer dans le substratum se dirigent vers la lumière, on voit apparaître à leur intérieur des traces de chlorophylle. La division dans ces branches aériennes et dans leurs ramifications se fait par des cloisons perpendiculaires à l'axe. Dans les cultures sur porte-objet, on observe souvent la transformation d'un rhizoïde en un filament à aspect de protonéma. Le milieu de culture et la lumière sont probablement les causes de cette transformation.

Les rameaux des rhizoïdes sont séparés des branches principales par des cloisons attachées soit sur une membrane transversale et sur une cloison latérale, soit en verre de montre contre un côté du tube cellulaire. Lorsque va se former un rameau, on voit en général naître une hernie à l'extrémité d'une cellule près d'une des cloisons transverses.

Le noyau qui occupe d'ordinaire le centre de la cellule vient se loger à l'endroit où le filament se renfle. Il passe successivement par les phases décrites plus haut; la cloison qui apparaît à l'équateur des fibrilles réunies en une masse fusiforme se courbe et vient s'attacher à angle droit contre la paroi du tube. La membrane présente alors un aspect facile à reproduire, en soufflant une bulle d'eau de savon sur la paroi d'un tube assez large.

La cloison séparatrice du rameau peut aussi s'attacher d'un côté sur la membrane transversale, de l'autre sur la paroi latérale, présentant alors une double courbure très caractéristique et des attaches rectangulaires. Entre ces deux positions extrêmes la membrane peut occuper tous les intermédiaires (pl. I, fig. 7-10).

Les dessins publiés par H. Müller dans son travail sur les ramifications des rhizoïdes et du protonéma sont donc loin d'être conformes à ce que l'on observe [1]. Nous trouvons représentés schématiquement quelques-uns des modes de ramification, mais Müller, tout en ayant bien étudié l'origine et le rôle des différentes cellules qui composent les filaments du thalle des Muscinées, ne paraît pas avoir remarqué la double courbure des cloisons. La courbure bien nette et le point d'attache à angle droit ne s'observent d'ailleurs dans les rhizoïdes que pendant un certain temps, dans des cellules encore jeunes, à membranes peu épaissies. Des membranes vieillies peuvent certes conserver leurs attaches rectangulaires; mais la pression interne et l'épaississement de la membrane pourront faire varier la direction de la cloison. Aussi trouve-t-on souvent des cloisons âgées à attache toute différente; elles ne possèdent parfois qu'une seule courbure très accusée, et la cellule limitée par cette membrane fait alors hernie dans sa voisine, ce qui nous prouve la turgescence moindre de cette dernière. Entre la forme présentée par une cellule dont la cloison est fortement refoulée vers la cavité cellulaire et celle dont la membrane est à attache orthogonale s'observent tous les intermédiaires.

Paraphyses.

(Pl. II, fig. 1-9 et 45.)

Les fleurs mâles des Mousses contiennent, en même temps que des anthéridies, des poils ou paraphyses très variables dans leurs formes : tantôt, à la façon des poils ordinaires, elles sont constituées par un filament allongé divisé en plusieurs cellules; tantôt la cellule terminale est renflée, ce qui

[1] *Die Sporenvorkeime und Zweigvorkeime der Laubmoose*, in *Arbeiten d. bot. Inst. Würzburg*, Bd I, 1874, p. 487, fig. 4, A. C.

donne un aspect capité; ou bien, par suite de divisions, elles ont acquis la forme de lames. Ce dernier cas se présente dans le genre *Polytrichum.*

Constituées au début par une série de cellules disposées bout à bout, les paraphyses prennent la forme d'une lame par l'apparition de cloisons intercalaires. Parmi celles-ci on remarque très souvent des membranes en apparence obliques, et analogues à celles que nous avons décrites dans les rhizoïdes. Les cloisons en semelle qui prennent naissance vont s'attacher à des niveaux différents du filament et présentent en ces points des angles droits. Leur surface est doublement courbée (pl. II, fig. 1).

Je n'ai pas suivi la genèse de pareilles cloisons sous le microscope; je ne suis pas parvenu à cultiver ces poils sur porte-objet. Mais en prenant les fleurs de *Polytrichum (P. piliferum, P. juniperinum)* à divers états de développement, on peut facilement se rendre compte des stades successifs par lesquels ont dû passer les paraphyses avant d'arriver à leur état adulte. Il faut cependant ajouter que quelques-uns des poils contenus dans un périchèze ne paraissent pas subir de transformation, et restent pendant toute la vie constitués par une série unique de cellules.

Sur la cloison en semelle formée, et en ses deux portions convexes, viennent s'attacher des membranes qui dédoublent chacune des deux cellules primitives. Dans les deux nouvelles cellules naissent alors des cloisons, soit planes, soit à double courbure. Il y a ainsi formation d'un véritable tissu (pl. II, fig. 8-9).

Dans ces mêmes paraphyses, la cloison au lieu de s'attacher à la paroi latérale du tube peut s'attacher d'un côté sur une membrane transverse. Suivant sa longueur, elle se présentera alors sous différents aspects : ou bien sa courbure n'existera que dans un sens ou elle existera en deux sens opposés présentant donc une double courbure compensatrice. On s'assure que les attaches sont à angles droits, si l'on tient compte de la coupe optique du filament et de la forme cylindrique de la cellule dans laquelle ces cloisons ont pris naissance (pl. II, fig. 4-6).

Pour pouvoir juger de l'angle intercepté par les membranes, il faut examiner des divisions qui se sont faites récemment. Au bout de quelque temps, en effet, l'épaississement des cloisons fait varier les angles, ceux qui primi-

tivement n'avaient que 90° arrivent à en mesurer 120° environ, quand l'équilibre de tension s'est fait entre les différentes lames de cellulose.

Feuilles, anthéridies.

(Pl. II, fig. 15-16.)

La formation des cloisons à double courbure, suivant les règles de la section rectangulaire, se retrouve également dans les feuilles du périchèze. Si l'on considère de jeunes feuilles, surtout si l'on en examine les bords, on trouve que les cellules sont souvent cloisonnées par des membranes obliques. Une étude attentive fait apercevoir une double courbure partout où s'observent de pareilles membranes dans les cellules jeunes; elle amène l'attache rectangulaire.

Des cloisons à trajet oblique mais à attache toujours orthogonale se remarquent d'ailleurs dans bien d'autres parties des Mousses. On les rencontre dans les feuilles ordinaires, et jusque dans la paroi externe des anthéridies.

La feuille adulte présente des cellules dont les angles ne paraissent pas en accord avec les principes généraux. En suivant le développement des cloisons, on constate facilement que les angles d'attache des membranes ont varié par suite de l'épaississement des cloisons et de la traction qu'elles exercent les unes sur les autres. On peut cependant encore très souvent retrouver dans le tissu adulte des feuilles des membranes formées en semelle et dont les attaches sont presque rectangulaires.

Dans les cellules constituant la paroi anthéridienne, la double courbure des cloisons est aussi très manifeste pour les cellules jeunes. Elle peut même s'observer quand les membranes ont acquis une certaine rigidité et qu'elles sont colorées en brun, comme cela se présente à la maturité de l'anthéridie des *Polytrichum*.

La difficulté de se rendre compte de la double courbure dans ces différentes cellules provient du fait que la cellule n'est pas comparable à un parallélipipède. Elle possède des faces plus ou moins courbes et, par conséquent, la cloison séparatrice qui en tous les points où elle vient s'appuyer sur

l'enveloppe de la cellule doit être perpendiculaire, ne pourra présenter une simple ligne en S. Si l'équilibre existe, il faudra, en vertu des lois de la stabilité des lames liquides minces, observer des courbures supplémentaires, analogues à celles que l'on voit prendre naissance dans des lames d'eau de savon, maintenues dans des modèles en fil de fer de la forme des croquis ci-contre.

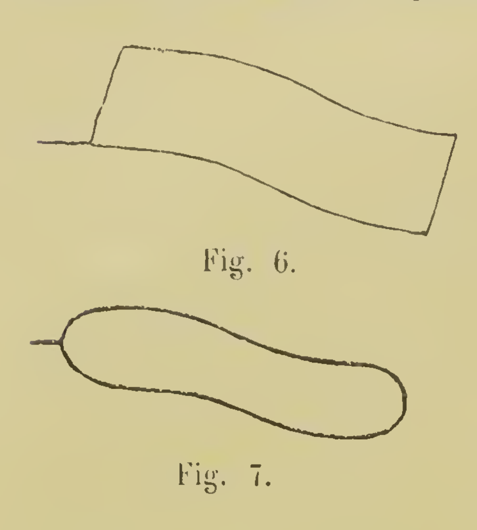


Fig. 6.

Fig. 7.

Si une pareille membrane prend naissance dans un cylindre, les courbures seront beaucoup plus considérables que si elle prenait naissance dans un parallélipipède.

HÉPATIQUES.

(Pl. II, fig. 10-14.)

Nous trouvons en général dans tous les tissus formés par bipartitions répétées l'application du principe émis par Sachs : nous pouvons y apercevoir les périclines, les anticlines et les radiales se coupant à angles droits. Dans les anthéridies du *Marchantia polymorpha*, quoique certains auteurs aient figuré les cloisons séparatrices des cellules mères des spermatozoïdes comme s'attachant sous des angles aigus contre les parois de l'anthéridie, on peut voir d'une façon très nette la courbure bien marquée des anticlines [1]. Si l'on observe avec un grossissement moyen une de ces anthéridies, elle présente absolument l'aspect des schémas de Sachs ou de Schwendener; un grossissement plus fort nous donne plus de détails, mais ne nous permet pas de saisir dans leur ensemble l'allure des lignes qui se coupent toutes à angles droits. Dans les dernières recherches sur cette plante, Kny a d'ailleurs très bien fait ressortir cet

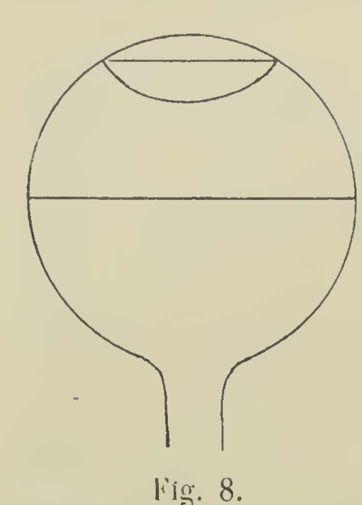
[1] Comparer les figures de Strasburger, *Das bot. Practicum*, 2e éd., p. 443, et de Kny, *Bot. Wandtafl. Text*, p. 379, pl. LXXXVI.

aspect, et tous les dessins des états successifs du développement des anthéridies, des œufs et des propagules nous montrent des cloisonnements suivant rigoureusement les lois de l'attache rectangulaire.

Dans les spores du *Pellia calycina,* déjà pluricellulaires avant le bris de la capsule qui les contient, on remarque aussi des cloisons considérées comme obliques par certains auteurs, en ce sens qu'elles s'attachent ou paraissent s'attacher sous des angles différents de 90°. La division de ces spores ovales à l'état jeune se fait d'abord en deux par une cloison bien vue en général par tous ceux qui se sont occupés de ces organes. Elle se forme vers le milieu de la spore, elle est plane et perpendiculaire à la paroi de la cellule mère. Dans chacune des moitiés ainsi constituées apparait alors une cloison dirigée aussi perpendiculairement à l'axe. Pour présenter une attache rectangulaire, la cloison devra se bomber, puisque la membrane contre laquelle elle vient s'appuyer est elle-même déjà courbe. On observe d'ailleurs cette courbure, et si les auteurs ont dessiné une cloison droite, c'est qu'ils ont figuré la ligne d'attache sur la paroi externe et non la coupe optique. Cette dernière est en effet assez difficile à apercevoir. Rendons-nous compte de la forme de ces cellules : la terminale peut être comparée à une lentille biconvexe, celle qui y touche à une lentille plan concave. Ces deux lentilles s'emboitant l'une dans l'autre et présentant un protoplasme assez dense ne vont pas permettre de se faire une idée exacte de la courbure de la lentille biconvexe. Aussi est-il avantageux d'éclaircir ces spores, qui contiennent beaucoup de chlorophylle, soit par de l'alcool, soit à l'aide d'eau de javelle.

Même à un état assez avancé, alors que les deux cellules médianes se sont déjà divisées par des membranes perpendiculaires aux cloisons primitives, on voit encore manifestement la courbure des deux cloisons situées vers les bouts de l'ellipsoïde. Lorsque le développement de la spore a acquis toute sa complication et que l'une des extrémités à poussé un rhizoïde, on peut encore voir très bien la courbure de la cloison qui sépare cette cellule d'avec le reste de la spore. La cellule opposée à celle dont naissent les rhizoïdes subit des bipartitions; elle constitue le point végétatif du nouveau thalle.

A l'aide de lames d'eau de savon, il est possible de reproduire l'aspect que présentent les cellules de ces spores. Il suffit pour cela de prendre un tube ou un ballon à fond rond et d'y former successivement deux lames liquides, l'une qui vient s'appliquer sur les parois droites du tube ou au diamètre du ballon, l'autre contre les parois courbes ou contre le fond du ballon, comme le fait voir le croquis ci-contre (fig. 8).


Fig. 8.

Dans les points végétatifs de certaines autres Hépatiques, Kny figure des cloisonnements qui n'ont pas lieu à angles droits. Je n'ai pas eu l'occasion d'examiner ces plantes; je ne puis donc dire si ces attaches constituent de véritables exceptions à la loi de la section rectangulaire, ou si des tensions différentes existant dans les cloisons de ces cellules jeunes peuvent expliquer la formation de ces angles.

CHARACÉES.

(Pl. II, fig. 17-33.)

Rhizoïdes.

Les Characées présentent aussi dans leurs rhizoïdes des cloisons obliques par rapport à l'axe. Les nombreuses études qui ont été publiées sur ces intéressantes Algues n'ont pas été faites en vue de déterminer la manière dont se constituent les membranes des rhizoïdes. Braun a étudié le mouvement protoplasmique, Pringsheim la germination, la ramification, Sachs la formation des organes reproducteurs, de Bary la germination, Strasbürger, Schmitz, Treub, Johow la division nucléaire.

Les noyaux présentent des particularités très curieuses qui ont été surtout bien mises en lumière par un travail de Johow [1]. Dans les cellules jeunes des tissus de ces Algues, ils sont arrondis et présentent en leur centre un

[1] *Die Zellkerne v. Chara foetida*, in *Bot. Zeitung*, 1881, p. 729, pl. VII.

ou plusieurs nucléoles qui se teignent fortement par les matières colorantes. Quand la cellule vieillit, on voit son noyau changer de forme; il acquiert un aspect granuleux. Dans la cellule internodale, il constitue un long cordon uniformément coloré en rose par le carmin, en bleu pâle par la nigrosine. Parfois ces masses allongées renferment encore des granulations plus colorables. Dans les rhizoïdes, les noyaux passent par les mêmes transformations, et on ne les retrouve avec leurs caractères de pleine vigueur que vers les extrémités du filament et là où des ramifications vont se produire.

Les matériaux de Characées que j'ai eus à ma disposition n'étaient pas très vigoureux, aussi n'ai-je pu suivre sur le vivant ni les phases de la division nucléaire ni celles de la division cellulaire; j'ai cependant observé quelques stades de la caryocinèse.

Les recherches de Strasburger, Schmitz, Treub et Johow nous ont fait connaître les phases par lesquelles passe le noyau avant la constitution des deux noyaux filles; cependant ces auteurs ne sont pas d'accord. Strasburger voit dans la division de ce noyau un phénomène caryocinétique ordinaire; il décrit entre les deux noyaux filles un système de fibrilles achromatiques, de forme lenticulaire. A l'équateur de ce corps se trouvent des microsomes qui doivent, d'après l'auteur, donner naissance à la cloison cellulaire. Strasburger a observé ces phénomènes dans les rameaux voisins du point végétatif. Johow nie la présence d'un corps lenticulaire et même de fibrilles achromatiques; il dit avoir observé des striations dans le protoplasme qui réunit les deux noyaux issus de la division, mais souvent il n'y aurait pas trace de stries entre les deux masses nucléaires[1]. Comment concilier ces opinions? Johow pense que la division se fait différemment suivant les espèces considérées.

Je n'ai pas eu l'occasion d'étudier les différentes espèces qui ont servi aux auteurs. Les divisions que j'ai observées siégeaient dans les nœuds des rhizoïdes; pour ces cas, je puis affirmer dans la caryocinèse l'existence entre les deux noyaux filles de fibrilles achromatiques nettement disposées en une

[1] Cfr. Strasburger, *Zellbildung und Zelltheilung*, 3. Aufl. Jena, 1880, pl. XIII, fig. 48 52. — Johow, *loc. cit.*, pl. VIII, fig. 7, 8, 11, 31.

espèce de corps lenticulaire. Elles étaient déjà visibles dans la cellule vivante (pl. II, fig. 22). Quant à des microsomes à l'équateur de ce système fibrillaire, je n'en ai jamais observé; je n'ai d'ailleurs pu voir se constituer une cloison.

Dans la division des cellules du rhizoïde, il est en tout cas certain, comme le soutient Johow, que la formation de la cloison a lieu bien longtemps après la division nucléaire; les deux noyaux se trouvent déjà fortement éloignés l'un de l'autre avant la naissance de la membrane. Johow n'a pas observé, lors de cette genèse, la moindre trace d'un fuseau achromatique à l'équateur duquel se formerait la plaque cellulosique.

Dans la forme de *Chara* que j'ai étudiée, à l'endroit où aurait dû apparaître la cloison et quand les noyaux s'étaient déjà éloignés l'un de l'autre, je n'ai pas pu davantage voir des stries achromatiques, mais les rameaux mis en culture sont morts avant d'avoir pu former une membrane. Des fibrilles achromatiques n'existeraient donc que dans la caryocinèse et n'auraient ici aucun rapport avec la constitution de la plaque de cellulose.

En tout cas, une fois cette cloison formée, elle revêt l'aspect bien connu et si souvent figuré d'une membrane en S. Elle rappelle complètement ce que nous avons trouvé dans les rhizoïdes des Mousses (pl. II, fig. 18-19). Schultz aurait, d'après Braun [1], été le premier à bien décrire cette disposition en semelle si caractéristique, et commune aux cloisons des rhizoïdes de toutes les Characées [2].

Ici, et encore mieux que dans les Mousses, on peut voir la double courbure très manifeste; elle change cependant assez tôt d'aspect par suite d'une augmentation de volume de la base de la cellule supérieure. Cette portion cellulaire se gonfle considérablement et présente alors l'aspect figuré dans les dessins ci-joints (pl. II, fig. 21). Dans la boursouflure vient se loger le noyau arrondi, à nucléole généralement unique; le protoplasme de cette ampoule

[1] *Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Charen*, in *Monatsber. d. Berl. Ak. d. Wiss.*, 1852, pp. 264-266.

[2] Pringsheim, *Ueber die Vorkeime d. Charen*, *Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot.*, Bd 3, 1864, pl. XIII, fig. 8-10.

est dense. L'extrémité renflée se sépare alors du reste de la cellule par une cloison qui s'attache (en coupe) d'un côté à la paroi du rhizoïde et de l'autre à la membrane en S ; elle doit donc, pour satisfaire aux lois de l'attache rectangulaire, être doublement courbée. Cette courbure variera d'aspect, suivant l'endroit des deux cloisons où se produira l'attache. La membrane présentera alors la forme que nous trouvons reproduite dans les figures de Pringsheim, ou dans nos dessins (pl. II, fig. 23).

Dans la cellule ainsi constituée apparaît une nouvelle cloison ; cette der-dernière divise la cellule dans le sens longitudinal. La membrane étant médiane, est naturellement dans les règles (pl. II, fig. 22). Un tel état est déjà figuré par Pringsheim et Johow.

Chacune de ces nouvelles cellules possède un noyau, celui-ci subira encore une bipartition, les cellules qui se constituent vont se diviser encore une fois, ou donneront naissance directement à un filament. Ce dernier, emportant avec lui un noyau, continue sa croissance pendant un certain temps, et se divise alors par une cloison en semelle comme le rameau principal. Les noyaux, sauf celui de la cellule terminale, se désorganisent petit à petit et se présentent sous les aspects décrits et figurés par Johow [1]. D'un nœud prennent ainsi naissance un grand nombre de rhizoïdes secondaires.

Un rhizoïde de *Chara* peut se cloisonner aussi par des membranes non courbées en semelles, et différer par conséquent de ceux que nous venons d'examiner. Comme dans les rhizoïdes des Mousses, on trouve parfois des bipartitions qui se sont faites par des cloisons planes, perpendiculaires à l'axe du filament et, par conséquent, parfaitement en règle.

Si l'on examine différents stades du bourgeonnement des rhizoïdes, on est frappé dans bien des cas par ce fait que les angles interceptés ne sont pas de 90°, comme je l'ai dit plus haut. Pour voir des attaches rectangulaires, il ne faut pas l'oublier, nous devons considérer des cellules dont la cloison est récemment achevée; les cellules qui sont sur le point de donner naissance à des rameaux secondaires sont en pleine activité de croissance, les cellules des rhizoïdes primitifs, au contraire, sont presque privées

[1] Johow, *loc. cit.*, pl. VIII.

de contenu et leur pression intracellulaire est très faible, ce qui permet aux autres cellules dont la turgescence est forte d'arrondir leur contours et de faire hernie vers l'intérieur des cellules vieillies. A partir de ce moment, il sera très difficile de pouvoir juger sous quel angle se faisait l'attache lors de la formation de ces membranes.

Il est très intéressant d'observer dans ces filaments où le mouvement protoplasmique est accusé, la façon dont se disposent les lamelles de protoplasme qui traversent la cavité cellulaire. En accord avec les principes de la stabilité des lames liquides minces, nous les voyons se placer perpendiculairement aux parois du tube. Si la lamelle s'est formée obliquement, elle présentera des courbures; grâce à celles-ci, elle pourra s'attacher à angles droits. La lame possède alors une forme absolument comparable à celle des cloisons cellulosiques se formant obliquement dans les mêmes cellules. Cette identité montre bien que ce n'est pas au noyau qu'il faut attribuer le rôle principal dans la direction prise par les cloisons lors de leur naissance.

Anthéridies.

Dans les anthéridies jeunes, longtemps avant le développement des flagellums, dans lesquels prendront naissance les anthérozoïdes, se forment des cloisons mal figurées par bien des auteurs. Sachs a étudié, un des premiers, le développement des organes sexuels du *Chara*, mais il ne nous montre pas ces cloisons comme s'attachant sur les membranes plus anciennes, de manière que les angles interceptés soient droits [1]. Il suffit cependant d'examiner les états jeunes de ces organes après fixation par l'alcool pour voir, ici encore, l'application du principe de Sachs.

A l'intérieur de l'extrémité cellulaire globuleuse, dont naîtra l'anthéridie, se constituent huit octants par des cloisonnements successifs perpendiculaires les uns aux autres. Dans chacun des quatre octants supérieurs se développent des cloisons périclines, parallèles par conséquent à la mem-

[1] *Lehrbuch d. Bot.* Leipzig, 1868, p. 263, fig. 194B.

brane externe (fig. 9). Dans les quatre octants inférieurs, les membranes ne s'attachent pas par leurs deux extrémités (coupe optique) sur les cloisons ayant divisé la sphère primitive en octants, mais d'un côté sur une cloison en verre de montre séparant l'anthéridie de la cellule qui lui sert de support (fig. 9). Les cloisons devront donc présenter une double courbure pour pouvoir satisfaire aux principes émis par Sachs; c'est ce que l'on observe, et à la rencontre avec la ligne de base comme à la rencontre avec la ligne *b b* les angles sont droits.

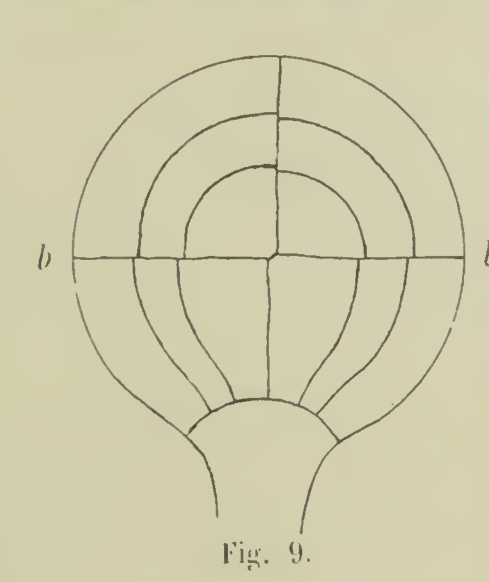
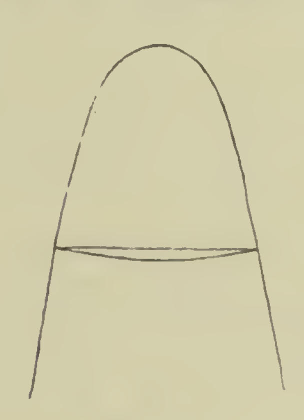


Fig. 9.

La cellule terminale des *Chara* et celle des rameaux voisins du point végétatif principal ne se présentent pas non plus comme on le figure généralement. Elles ne sont pas séparées de leurs voisines par une cloison plane, qui formerait avec les parois périclines un angle plus petit que l'angle droit; mais ici encore, c'est la ligne de l'attache *mn* qui a été envisagée, au lieu de la direction de la cloison elle-même (fig. 10). La coupe optique montre, en effet, nettement une cloison courbée dont l'attache suit la loi de Sachs; cette coupe optique est cachée par le protoplasma abondant des cellules sous-jacentes. La cellule terminale est donc également comparable à une lentille biconvexe, et un schéma analogue à celui que nous avons donné pour la cloison des spores de *Pellia calycina* peut aussi s'appliquer ici (fig. 10).


Fig. 10.

Dans les cellules situées en arrière de la cellule terminale se voient des cloisons qui ne paraissent pas remplir les conditions exigées par le principe de la section rectangulaire.

Tous les auteurs décrivent la formation des entrenœuds comme se faisant par des cloisons courbes; celles-ci sont disposées de manière à limiter une cellule biconvexe. Ces membranes ne pourraient d'après cela s'attacher à angles droits contre les parois latérales du rameau.

J'ai cherché à me rendre compte de la direction de ces cloisons lors de

leur naissance, et j'ai pu me convaincre qu'à ce moment elle suivent le principe de Sachs. Les rameaux latéraux qui entourent le point végétatif montrent souvent les phases successives de la formation des entrenœuds. Les premières cloisons qui y apparaissent sont transverses, perpendiculaires à l'axe, et à attaches rectangulaires; ces membranes divisent les rameaux en cellules dont la largeur égale environ deux à trois fois la hauteur. Quand la croissance terminale a cessé, les cellules constitutives du filament se divisent. Vers leur base, à peu près au quart de la hauteur, prend naissance une cloison; cette dernière sépare ainsi une cellule très plate (pl. II, fig. 25-29).

La membrane formée est parallèle à la base de la cellule dans laquelle elle s'est développée et, par conséquent, suit les lois de la section rectangulaire. Cette cellule basse va donner naissance à l'entrenœud; celle qui se trouve au-dessus constituera le nœud. Déjà à ce moment le noyau de la cellule internodale subit une dégénérescence; il est fortement allongé dans le sens de la largeur de la cellule.

L'inégalité des cellules issues de cette division nous montre bien qu'il ne faut nullement pour l'application du principe de la section rectangulaire que les deux cellules résultant de la bipartition soient à peu près de même volume, comme le voulait Sachs.

Strasburger paraît être le seul qui ait bien vu les stades de la formation du nœud et de l'entrenœud. Dans les figures de son travail, on peut très bien reconnaître l'attache à angle droit [1].

De Bary [2] a observé quelque chose d'analogue dans les toutes jeunes plantes de Characées dont il suivait la germination : il nous montre les cellules initiales des nœuds et des entrenœuds assez nettement rectangulaires en coupe optique.

Avant d'arriver à son état définitif, l'entrenœud passe par une série de phases étudiées déjà par plusieurs auteurs. Elles ne se présentent peut-être pas tout à fait comme ils les ont décrites ou du moins telles qu'ils les ont figurées; ils paraissent avoir omis certains détails. L'étude de ces stades

[1] Strasburger, *loc. cit.*, p. 195, pl. XIII, fig. 51.

[2] *Zur Keimungsgeschichte der Charen*, in *Bot. Zeitung*, 1875, pl. V, fig. 15, pl. VI, fig. 36.

permettra de se faire une idée du mécanisme amenant la transformation de la membrane plane en une cloison courbe.

Dans le nœud prennent naissance des membranes perpendiculaires aux parois transverses; en même temps, la paroi latérale des cellules internodales s'épaissit assez fort tandis que celle des nœuds reste relativement mince. Le nœud est souvent composé en coupe optique de trois cellules; celles-ci montrent fort bien la traction des cloisons nouvellement formées sur celles qui délimitent l'entrenœud. Cette traction, due à la tension de la membrane, a pour résultat de modifier petit à petit les angles et de leur donner une valeur d'environ 120°, alors que, au moment de leur apparition, les lames de cellulose interceptaient des angles de 90° (pl. II, fig. 31).

Il est assez facile d'observer les différentes phases par lesquelles passent ces cloisons avant d'arriver à la forme figurée par les auteurs [1]. Les deux cellules de la périphérie du nœud (coupe optique) gonflent considérablement; la cellule centrale conserve à peu près sa hauteur. La forte pression supportée latéralement par la cellule internodale et la traction exercée par les nouvelles cloisons nodales font prendre à cette cellule l'aspect d'une lentille biconvexe (pl. II, fig. 32). Si, au lieu d'examiner la coupe optique du rameau, nous observons la surface, la cellule lenticulaire disparaît et nous apercevons les cellules externes se rejoignant complètement, comme on peut le voir dans la planche II, figure 33 [2].

C'est donc après coup que les cloisons prennent une forme convexe ou concave, et cela surtout par la traction qu'exercent sur elles les membranes dirigées dans le sens de la longueur du rameau. Jamais, en effet, avant la formation de ces cloisons longitudinales, je n'ai pu observer de cellule internodale présentant la moindre tendance à courber ses membranes limitantes.

Dans les cellules périphériques du nœud apparaissent des cloisons disposées rectangulairement et dont la coupe optique se présente par consé-

[1] Sachs, *Lehrbuch d. Botanik*. Leipzig, 1868, p. 128, fig. 106 C, z.
[2] Ibid., *loc. cit.*, fig. 106 β.

quent avec une forte courbure en verre de montre. Elles ont d'ailleurs été étudiées et assez bien figurées par les différents auteurs qui ont suivi le développement des Characées [1].

L'étude de ces différentes cloisons peut se faire dans le *Chara fœtida* et dans le *Chara fragilis*, où les mêmes phases de développement se présentent.

Ni dans les Characées, ni dans les Muscinées nous ne voyons donc se constituer des membranes qui, lors de leur apparition, interceptent, entre elles et les parois cellulaires plus anciennes, des angles différents de l'angle droit.

PHAEOPHYCÉES.

Sphacélariées.

(Pl. III; pl. IV, fig. 1-10.)

Dans les figures des différentes espèces du groupe des Sphacélariées, nous observons des cloisons fortement obliques, dont les attaches ont l'air de se faire sous des angles très aigus.

Les botanistes qui se sont occupés de ce groupe étudièrent surtout le curieux mode de ramification de ces Algues; ce sont Geyler, Magnus, Pringsheim, Reinke [2]. Les figures publiées par ces différents auteurs sont d'ailleurs reprises dans presque tous les traités de botanique. Ces exceptions en apparence si complètes sont pourtant très faciles à expliquer et rentrent complètement dans les principes généraux. Avant de voir comment se forme et se dispose la cloison, il ne sera pas sans intérêt d'examiner d'un peu plus près la division nucléaire.

Nägeli paraît avoir été le premier à observer quelques stades de cette

[1] SACHS, *loc. cit.*, fig. 106 C, β.

[2] TH. GEYLER, *Zur Kenntniss der Sphacelarien*, in *Jahrbüch. f. wissenschaft. Bot.*, Bd VI, p. 479. — P. MAGNUS, *Zur Morphologie der Sphacelarien*, in *Festschrift d. Gesellschaft naturforsch. Freunde*. Berlin, 1873. — N. PRINGSHEIM, *Ueber den Gang der morphologischen Differenzirung in der Sphacelarien-Reihe*, in *Abhandl. Ak. d. Wissenschaft*. Berlin, 1873. — REINKE, *Beiträge zur vergleichenden Anatomie und Morphologie der Sphacelarien*, in *Bibliotheca botanica*, Heft 23, 1891.

division; depuis, Strasburger est le seul qui, à ma connaissance, ait repris cette étude [1]. Ses observations ont porté surtout sur le *Sphacelaria scoparia.*

Le noyau des cellules des Sphacélariées peut très bien s'étudier dans l'*Halopteris filicina*, par exemple. Il se présente sous la forme d'une masse arrondie ou ovalaire, ne se teignant que fort peu par les matières colorantes. A l'intérieur de cette masse se trouve un nucléole rond : celui-ci emmagasine avec énergie les colorants, et tranche ainsi sur le reste du noyau et du protoplasme. Ce dernier se colore cependant un peu par les mêmes réactifs. On peut obtenir des colorations assez nettes après fixation par l'alcool ou par l'acide chromoacétique en traitant les matériaux par le picrocarmin, la picronigrosine ou le picroviolet d'Hoffmann. Il est assez difficile de réussir des préparations montées au baume, car après avoir traité les Algues par les réactifs colorants, il est presque impossible de les faire repasser par la série des alcools et l'essence de girofle sans les ratatiner. On arrive cependant à un résultat assez satisfaisant en opérant de la façon suivante. Les Algues, après avoir été colorées, sont lavées à l'eau et placées dans un liquide glycérique très dilué; on laisse ce liquide se concentrer petit à petit. De l'acide phénique pur est alors ajouté, cristal par cristal. De ce liquide, les Algues sont portées dans un mélange d'acide phénique et de xylol renfermant peu de xylol; on augmente doucement la dose de ce dernier, jusqu'à ce que l'on possède une solution dans laquelle le xylol soit en excès; enfin les rameaux sont placés dans une solution de baume dans le xylol. En laissant cette dernière solution s'évaporer à l'air, on obtient ainsi des préparations assez belles, mais ces réactifs ont cependant le tort de diminuer fortement la coloration nucléaire.

Le noyau se trouve suspendu au centre de la cellule par des cordons protoplasmiques; ces cordons anastomosés entre eux forment un réseau qui présente un aspect vacuoleux, écumeux.

Dans les phases précédant immédiatement la caryocinèse, se forment des deux côtés du noyau, aux pôles du fuseau futur, des agglomérations

[1] Strasburger, *Zellb. und Zellth.*, 3e édit., pp. 196, 348, pl. XIII, fig. 37-47.

de protoplasme granuleux. Je ne suis pas parvenu à déceler dans ces amas, d'une façon nette, des corps que l'on puisse comparer à des centrosomes; leur existence est cependant fort probable (pl. II, fig. 1)[1].

A une phase ultérieure, le noyau fortement gonflé présente en son intérieur des modifications; le nucléole si bien limité a disparu et est remplacé par des granulations éparses. En même temps, à l'intérieur de la membrane nucléaire encore existante, apparaît un système de fibrilles plus ou moins fusiforme; ces fils se réunissent à deux pôles opposés. Peu à peu ce fuseau s'accentue, les granulations très colorées, qui paraissent dériver uniquement du nucléole, se disposent à l'équateur, et la membrane nucléaire disparaît petit à petit. La figure caryocinétique est entourée d'une zone de protoplasme granuleux (pl. III, fig. 24). Les corpuscules colorables se dirigent ensuite vers les pôles et s'y agglomèrent bientôt en deux masses ellipsoïdales allongées. Les noyaux se reconstituent et les fibrilles disparaissent. Une portion du protoplasme se dispose alors en stries qui partent d'au delà des noyaux et forment ainsi une espèce d'ellipsoïde de révolution.

Pendant toutes ces phases, la masse granuleuse est restée fort compacte aux deux extrémités opposées; elle paraît donc assez analogue à l' « archoplasma » des auteurs allemands.

La membrane ne prend pas immédiatement naissance après reconstitution complète des noyaux; souvent il se passe même assez bien de temps avant qu'une cloison divise la cellule. C'est par suite de ce fait que l'on observe fréquemment, chez les différentes espèces de ce groupe d'Algues, des cellules à deux noyaux.

Cette caryocinèse rappelle donc celle du noyau de *Spirogyra*. Les phénomènes décrits par Schewiakoff dans la division nucléaire de l'*Euglypha alveolata*[2], sont aussi à comparer aux stades caryocinétiques des Sphacélariées.

[1] Dans un travail récent (*Hist. Beiträge*, Heft IV, p. 54), Strasburger décrit et figure (pl. III, fig. 1-6) les centrosomes du *Sphacelaria scoparia;* ils sont plongés dans cet amas de protoplasme accumulé des deux côtés du noyau. (Note ajoutée pendant l'impression.)

[2] *Ueber die karyokinetische Kerntheilung der Euglypha alveolata*, in *Morphol. Jahrbuch*, t. XIII.

Strasburger, qui a figuré différentes phases de division chez ces Algues, ne nous dit pas si la cloison se forme d'une façon centripète ou simultanément. Je n'ai pu suivre des formations de membranes sur le vivant; je ne puis donc dire si la fin de la division se fait comme chez le *Spirogyra*.

Nägeli est d'avis que la plaque de cellulose se constitue en une seule fois entre les deux noyaux; mais Meneghini nous représente la constitution de la membrane transverse comme se faisant petit à petit et apparaissant d'abord sous l'aspect d'un anneau qui occupe le pourtour du cylindre. La cloison s'étend alors de la périphérie vers le centre, laissant en ce point une communication jusqu'au moment où la membrane est complètement achevée. Geyler [1] refuse d'admettre cette solution de continuité existant ainsi pendant un certain temps entre deux cellules voisines, parce qu'il ne l'a jamais remarquée. Si la manière de voir de Meneghini était exacte, les phénomènes observés dans les cellules des Sphacélariées seraient tout à fait comparables à ceux que nous voyons chez les *Spirogyra* [2].

Les discussions résumées plus haut portent uniquement sur des membranes transverses, et celles-là se forment toujours dans les règles : elles s'attachent de part et d'autre sur une lame de cellulose plus ancienne, sont perpendiculaires en leurs points de contact, et planes.

Mais c'est dans la séparation des cellules initiales des rameaux que des cloisons à aspect oblique nous apparaissent, du moins en général; car, un rameau ayant terminé sa prolifération latérale peut ne plus donner naissance à des cellules initiales de rameaux, ou bien s'il a achevé sa croissance terminale, il divisera sa dernière cellule par des cloisons axiales donnant ainsi une espèce de dichotomie ou de trichotomie [3].

La cellule terminale en pleine voie de croissance a, en général, chez les espèces des genres *Halopteris*, *Stypocaulon*, la forme d'une massue. Considérons-la au moment où une cellule initiale de rameau latéral a été séparée et où,

[1] Geyler, *loc. cit.*, p. 488.

[2] Pour Strasburger (*Hist. Beiträge*, loc. cit., p. 55), la plaque cellulosique ne se constitue pas comme chez le *Spirogyra*: elle naît en une seule fois au sein d'une lame de protoplasme. (Note ajoutée pendant l'impression.)

[3] Pringsheim, *loc. cit.*, pl. I, fig. 3; pl. II, fig. 3; pl. IV, fig. 4-5.

au niveau de cette ramification rejetée sur le côté, une membrane transverse a pris naissance. Un seul noyau se trouve alors dans la cellule terminale; il est allongé dans le sens de la hauteur de la cellule et retenu au centre par des cordons protoplasmiques.

Le noyau se divise probablement de la façon indiquée plus haut; nous n'avons pu suivre la division, car le contenu des cellules terminales est à ce moment très dense et se colore assez vivement par les réactifs qui mettent le noyau en évidence. A un moment donné, on trouve deux noyaux : un grand, occupant encore le centre de la cellule, et un plus petit, accolé à la paroi latérale, du côté opposé à celui où s'est formé le rameau précédent. Les deux noyaux sont reliés par un système de fibrilles; celles-ci partent d'au delà des noyaux filles et nous rappellent vaguement un phragmoplaste. La cloison qui prendra naissance entre ces deux noyaux aura donc naturellement une position oblique par rapport à l'axe du filament. Si l'on observe la jeune cloison dans une cellule encore munie de son protoplasme, les attaches sembleront en contradiction avec le principe de la section rectangulaire (pl. III, fig. 11).

Une fois la cloison terminée, le noyau qui est resté dans la cellule terminale se divise à nouveau et donne naissance vers le bas à un petit noyau, vers le haut à un plus grand. Une membrane se formera transversalement entre ces deux noyaux ; elle sera plane et, par conséquent, s'attachera à angle droit sur le pourtour du cylindre. Dès lors, dans la cellule terminale, la même série de phénomènes se reproduira; il se constituera une cloison d'apparence oblique du côté opposé à celui où a pris naissance la membrane dont nous avons suivi la genèse. Ces cloisons ne se produisent cependant pas dans le même plan; la séparation d'initiales de rameaux se fait en suivant une hélice. Le rameau principal, muni de ses ramuscules primaires et secondaires, présente ainsi une apparence de torsion autour de l'axe.

Par suite de la croissance de la cellule terminale, la cellule initiale du rameau se trouve rapidement rejetée sur le côté. La lame de cellulose, primitivement d'aspect oblique, est maintenant presque en continuité avec la membrane externe de l'axe (pl. III, fig. 7).

Pour bien se rendre compte de la forme de la membrane et de la direction qu'elle présente à ses points d'attache, il faut que l'on prive la cellule

de son contenu. Cela s'obtient assez facilement en faisant agir sur elle de l'eau de javelle; des préparations traitées de cette façon permettent de se rendre compte de l'inexactitude des dessins publiés jusqu'à ce jour. Si dans des fragments d'Algues éclaircis par ce procédé nous trouvons une cellule terminale dont le contour n'a pas été modifié, c'est-à-dire une cellule dont l'extrémité est encore bien arrondie, et que dans son intérieur il existe une cloison, nous verrons cette dernière s'attacher à angles droits à ses deux extrémités. La coupe optique du filament nous montrera seule l'attache rectangulaire de la membrane; et cela même ne se verra que pour des cloisons disposées exactement de profil.

Si la mise au point est différente et si la membrane n'est pas vue de cette façon, on obtiendra des figures dont les lignes limitantes ne sembleront pas en accord avec le principe de Sachs.

Examinons à cet effet la direction d'une lame d'eau de savon à laquelle on a fait prendre une forme assez analogue à celle de notre cloison. Pour en obtenir une pareille, il suffit de souffler une bulle dans un tube à bout arrondi (fig. 11, A, B), en ayant soin que la lame liquide ne s'attache pas au delà du centre du tube, car nous formerions alors une membrane ne se présentant pas dans les cellules des Sphacélariées, et, de plus, elle ne tarderait pas à se placer transversalement.

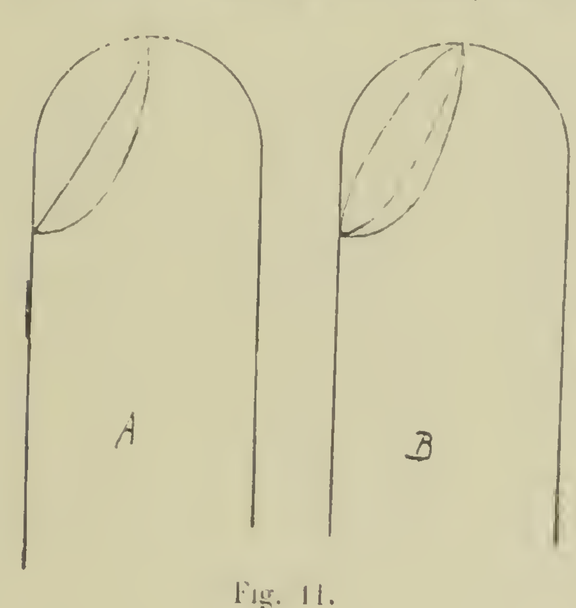


Fig. 11.

Dans une telle lame, on peut voir deux ou trois lignes, suivant la façon dont on place l'œil pour l'examiner. Pour une lame vue exactement de profil, on apercevra deux lignes. L'une, représentant la coupe médiane de la cloison, montre une attache rectangulaire sur la paroi supérieure et la paroi latérale du tube. L'autre est oblique et formée par la superposition optique de deux lignes : l'attache en avant et celle en arrière (fig. 11, A). Si l'on modifie le point de vue, on pourra voir les trois lignes, dont une seulement satisfait aux lois de la section rectangulaire. Elles se verront, de gauche a droite, dans l'ordre

suivant : d'abord l'attache postérieure, puis l'antérieure, et enfin la ligne médiane (fig. 11, B).

En examinant donc des échantillons encore munis de protoplasme, l'unique ligne qui doive satisfaire aux lois ne sera pas visible, ou du moins le sera fort mal. L'attache de la cloison sur la paroi antérieure, c'est-à-dire celle qui est tournée vers l'observateur, sera seule visible. Cette ligne sera perpendiculaire ou à peu près vers le haut, dans la portion cellulaire arrondie, et assez fortement oblique là où elle s'appuie sur une paroi droite. C'est bien l'aspect présenté par les dessins consciencieusement faits; telles sont les figures des travaux de Pringsheim, Magnus, Reinke.

Il est de toute nécessité, pour se rendre compte de l'attache de la membrane, d'examiner des cellules terminales dont la forme en massue ne soit pas altérée, car peu de temps après la formation de la cloison latérale, une croissance se manifeste dans les deux cellules et en change ainsi complètement la forme. De droits qu'ils étaient, les angles supérieurs deviennent obtus ; à la base de la membrane, au contraire, ils deviennent fortement aigus. La cellule terminale acquiert un développement plus considérable que celle qui s'en est récemment séparée ; elle rejette ainsi sur le côté la cellule initiale du rameau. On peut facilement observer tous les stades de passage entre l'aspect présenté par la cellule terminale déjà divisée, mais ayant conservé la forme de massue, et l'aspect de cette même cellule une fois l'initiale du rameau totalement distincte (pl. III, fig. 11-12). La cellule latérale ayant ainsi augmenté de volume, va subir à son tour une segmentation ; la cloison nouvelle s'appliquera d'un côté sur la partie supérieure de la membrane qui sépare le rameau de l'axe principal, et de l'autre, sur la paroi externe du rameau (pl. III, fig. 13).

Un examen attentif d'échantillons jeunes dans lesquels il n'y a pas encore eu de modification dans les contours cellulaires, montre nettement l'attache rectangulaire et la forte courbure de cette cloison. Cette courbure a pour effet de réaliser aux points de contact avec les cloisons externes des angles de 90°. La petite cellule ainsi séparée, va, par des cloisons répétées, donner naissance aux poils que l'on rencontre à l'aiselle des rameaux de la plupart des Sphacélariées (pl. III, fig. 5*a*, 6*a*, 7*a*, 10*a*, 13*a*).

Le développement ultérieur de la cellule terminale de ce rameau latéral nous montre les mêmes phases que celui de la cellule terminale du rameau principal. Une cloison plane et perpendiculaire aux parois latérales apparaîtra au niveau du milieu de la portion de membrane séparant le rameau de la cellule dont il est issu (fig. 12*a*; pl. III, fig. 10*b*). Dans la partie inférieure de ce rameau, insérée comme nous l'avons vu sur le filament principal par un angle assez aigu, une cloison prend naissance. Celle-ci se forme souvent la première (pl. III, fig. 6*b*). Pour qu'une cloison satisfasse dans de telles circonstances à la règle de Sachs, il faudra qu'elle présente une forte courbure; c'est ce que l'on observe. J'ai reproduit cet état dans le dessin d'une coupe optique de rameau (pl. IV, fig. 5). Cette cloison n'est pas cependant constante, et l'on remarque souvent son absence.

La cellule terminale du rameau ainsi constituée peut alors se diviser par des cloisons d'aspect oblique, comme dans le rameau principal. Elle peut aussi continuer pendant un certain temps sa croissance, en allongeant simplement sa cellule, qui se divise par des cloisons transversales, sans donner naissance à des rameaux secondaires.

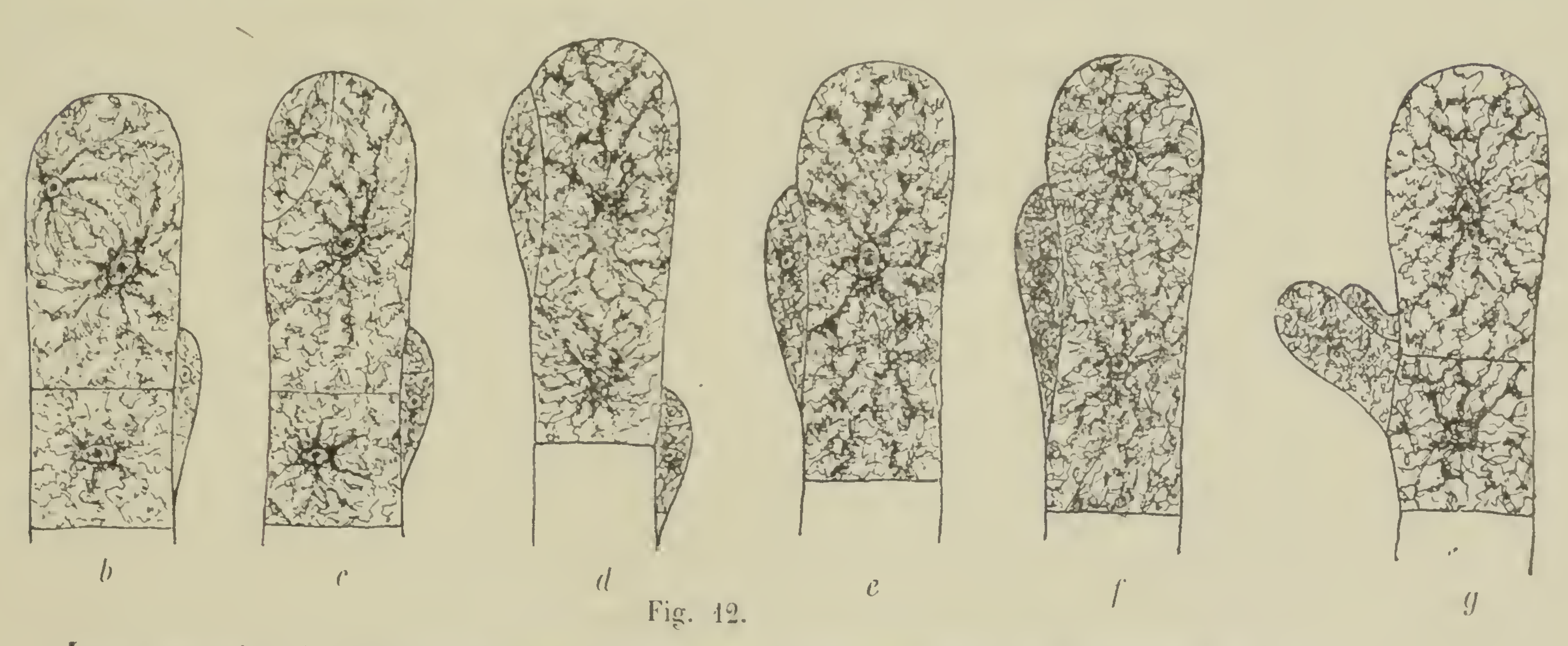


Fig. 12.

Les croquis ci-dessus représentent les transformations successives que subit la cellule terminale pour former un rameau.

Les cellules immédiatement inférieures à la terminale se divisent, en général, par des cloisons dirigées dans le sens de l'axe ou par des mem-

branes transverses. La division nucléaire et cellulaire se fait de la façon que nous avons décrite plus haut.

Chez les *Halopteris* et les *Stypocaulon*, les cellules terminales du rameau principal et d'un petit nombre de rameaux latéraux se divisent par des cloisons d'aspect oblique; il n'en est pas tout à fait de même chez le *Cladostephus verticillatus* et chez le *Chaetopteris plumosa.*

Chez le *Cladostephus verticillatus*, la cellule terminale du rameau principal se divise toujours par des cloisons transverses; les cellules sous-terminales se divisent par des membranes longitudinales, et des cellules ainsi constituées naissent les rameaux. Ceux-ci ne présentent, pendant un certain temps, que des cloisons perpendiculaires à leur axe. Les cellules terminales de ces rameaux sont allongées et généralement en forme de massue. C'est dans ces cellules que des cloisons en apparence obliques peuvent prendre naissance, et Pringsheim en a figuré planche I, figure 3, et planche IV, figure 4-5 de son travail; elles apparaissent quand le rameau a fini sa croissance. Elles ne sont pas aussi obliques que dans les espèces des genres *Halopteris* et *Stypocaulon;* aussi les auteurs qui les ont observées les ont-ils figurées à attache presque orthogonale. On peut d'ailleurs, en employant l'eau de javelle et en examinant des cellules dont le contour n'a pas été modifié, se rendre compte de l'attache rectangulaire de la nouvelle cloison sur l'ancienne (pl. IV, fig. 1).

Le rejet de la cellule latérale se fait dans les *Cladostephus* comme chez les espèces des deux genres examinés précédemment. Le rameau ainsi formé passe par les mêmes phases que le rameau primaire.

D'autres cloisonnements prennent parfois naissance, mais les membranes sont dirigées suivant les lois de la section rectangulaire.

Dans le *Chaetopteris plumosa*, la cloison qui limite une initiale du rameau secondaire est également bombée, et la nouvelle cellule n'occupe qu'un petit coin de la cellule terminale. Elle est fort vite refoulée sur le côté; le rameau qui en naît est généralement mince et constitué par une seule rangée de cellules (pl. IV, fig. 6-8). Comme chez le *Cladostephus verticillatus*, c'est d'une des cellules formées entre deux cloisons transverses, par des membranes longitudinales, que provient un rameau primaire.

Certains auteurs ont figuré avec une courbure marquée les cloisons des cellules des tissus de cette Algue; ces courbures n'existent probablement pas dans la nature; ce sont des accidents de préparation, ou bien elles sont dues à des pressions internes. J'en ai vu apparaître par la fixation.

Les cloisons destinées à séparer les cellules initiales des rameaux ne sont pas les seules qui puissent présenter un aspect oblique. Dans certaines espèces de Sphacélariées, chez l'*Halopteris filicina* par exemple, on trouve encore d'autres cellules délimitées par de pareilles membranes, ou du moins par des cloisons figurées comme interceptant entre elles des angles plus petits ou plus grands que l'angle de 90°.

Dans les cellules terminales des rameaux ne développant plus de branches latérales, il existe souvent des lames de cellulose qui s'attachent sur la base plane de la cellule et sur l'un des côtés; la cellule dans laquelle cette cloison prend naissance a la forme d'un demi-ellipsoïde. Cette cloison, suivant la manière dont nous l'examinerons, présentera également plusieurs lignes : celle que nous verrons en plaçant l'objectif au point pour la coupe optique (membrane vue de profil), passera par le centre et sera perpendiculaire au deux cloisons sur lesquelles elle s'appuie. Les deux lignes d'attache formées par la jonction en avant et en arrière de la nouvelle membrane avec l'ancienne, paraîtront plus ou moins obliques suivant l'angle sous lequel elles seront observées. A l'aide d'une bulle de savon que l'on souffle dans un récipient approprié, il est facile de reproduire l'aspect de cette membrane. On emploie à cet effet une cloche demi-ellipsoïdale en verre, percée à son sommet et présentant l'aspect figuré dans le schéma ci-dessus (fig. 13). Ce vase

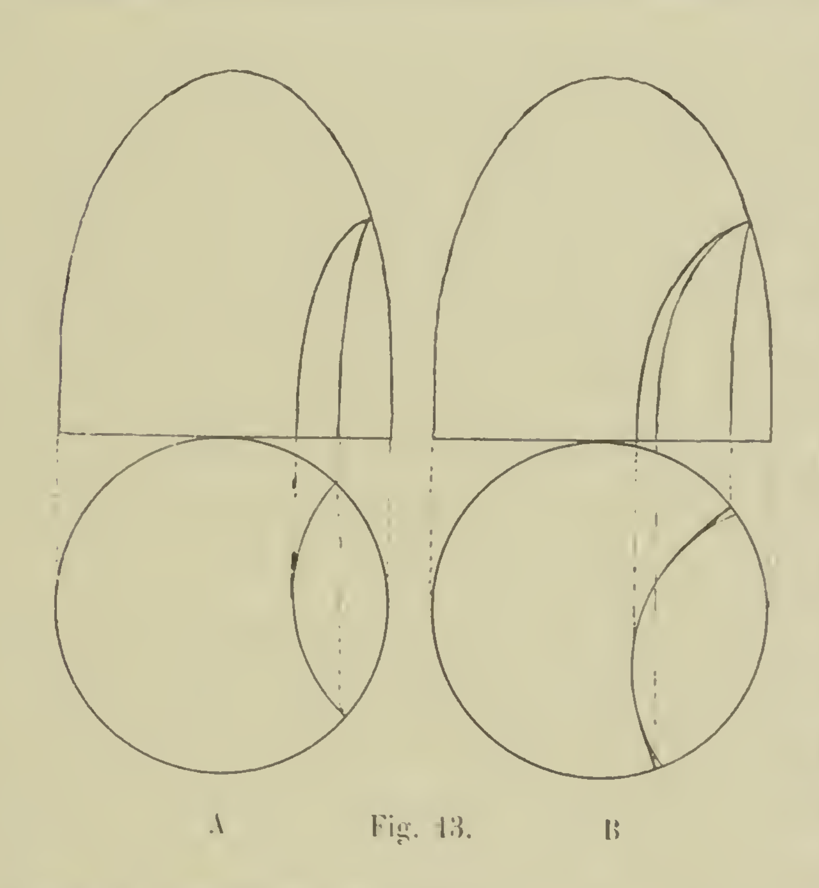


Fig. 13.

est placé avec la base large dans un cristallisoir rempli d'eau de savon; en soufflant une bulle de manière qu'elle s'applique d'un côté contre la paroi interne du vase, de l'autre sur la surface du liquide, on observera dans la lame liquide les différentes lignes dont nous avons parlé. Elles sont reproduites dans la figure 13 : en A les deux obliques se superposent, en B elles sont visibles toutes les deux.

Dans les cellules du rameau, entre deux cloisons horizontales, peuvent encore se produire d'autres cloisons. Celles-ci s'attachent d'un côté sur la base de la cellule, de l'autre sur la paroi latérale; elles délimitent ainsi une cellule triangulaire en coupe optique. Avec un peu d'attention, on parvient à débrouiller assez facilement les lignes représentant cette cloison. On y reconnaît les trois lignes indiquées pour la cloison de même genre qui prend naissance dans une cellule terminale. Ici aussi, l'étude d'une lamelle d'eau de savon de même aspect, que l'on obtient très aisément dans un cristallisoir, servira à nous rendre compte de la figure observée au microscope; la lame d'eau de savon est en tout semblable à la cloison cellulaire (pl. III, fig. 18).

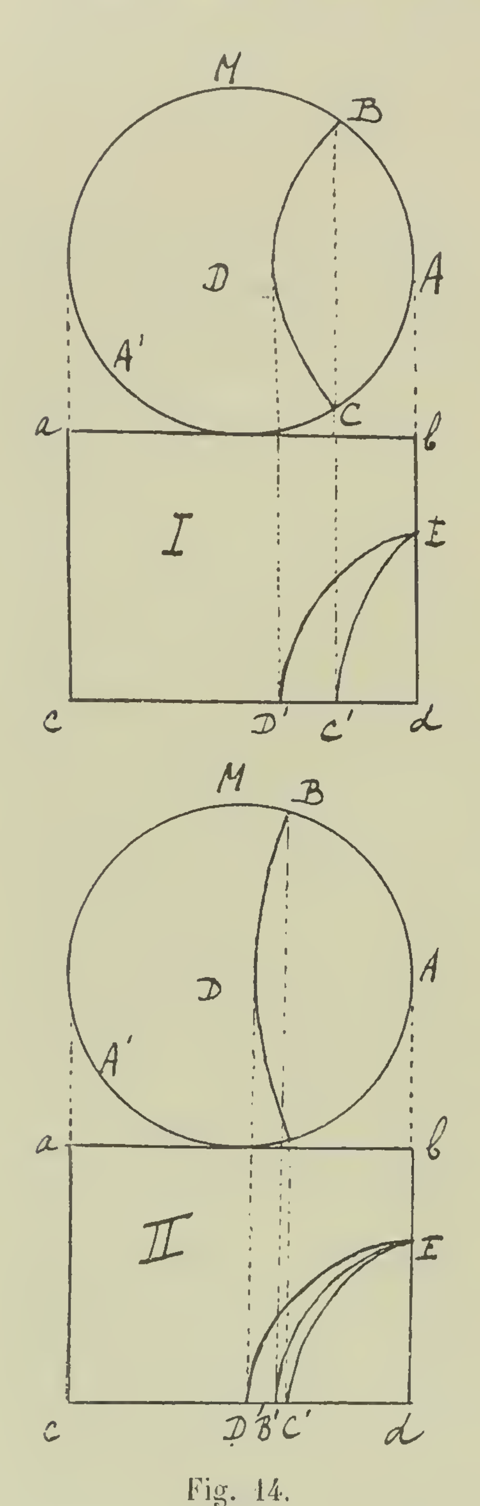


Fig. 14.

Il est facile d'ailleurs de schématiser la façon dont se présentent les lignes dans une pareille membrane. Soit A'MA (fig. 14, I) le cercle de base du cylindre. La membrane s'attache en B et en C; elle devra donc coïncider avec la ligne BDC pour satisfaire au principe de Sachs.

Soit *abcd* le rectangle qui nous représente la coupe longitudinale de la cellule. Projetant la ligne BDC sur la base du rectangle, nous obtenons les point D' et C'; la ligne D'E sera la coupe médiane de la cloison. Les points B et C se confondent dans le schéma; ils

nous permettent de construire la ligne C'E qui est la ligne d'attache latérale de la cloison (fig. 14, I). Si ces points ne se confondent pas, nous aurons au contraire le schéma suivant, qui nous montre les trois lignes et l'obliquité de deux d'entre elles au point E (fig. 14, II).

Si l'observation porte sur des cellules munies de protoplasme, ce seront les lignes B'E ou C'E qui se verront seules, la ligne D'E étant cachée. Sur des matériaux dont les cellules ont été privées de contenu, les lignes nous apparaîtront dans l'ordre suivant : C'E, D'E et B'E.

Lorsqu'une cloison vient à s'attacher sur cette membrane déjà courbée, la forme qu'elle devra revêtir sera plus difficile à saisir. Le même mode d'attache n'est pas réalisable en bulle de savon, car nous ne pouvons faire avec ce liquide des lames de rigidités différentes. Théoriquement on peut se rendre compte de sa direction ; le schéma que l'on peut en faire correspond bien à l'aspect de la membrane vue au microscope. La figure 15A correspond au premier schéma de plus haut (fig. 14, I) ; la figure 15B, au deuxième (fig. 14, II).

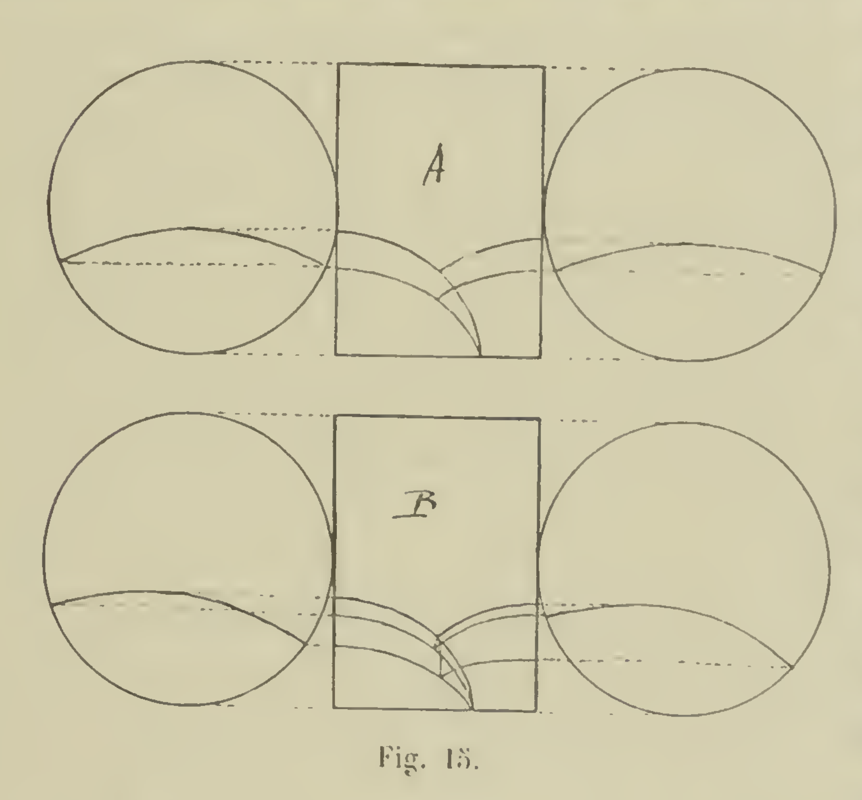


Fig. 15.

Les mêmes cellules peuvent aussi se diviser par des cloisons longitudinales ; ces membranes présentent souvent un aspect oblique. Examinées de près, elles possèdent des courbures qui permettent leur attache à angle droit contre les cloisons de la cellule dans laquelle elles ont pris naissance. Les attaches antérieures et postérieures présentent souvent des courbures dirigées en sens inverses.

Schématiquement nous pouvons représenter cet aspect par le rectangle A B C D figure 16. Si nous projetons les points *a*, *b*, *c*, *d*, sur des cercles qui sont la base supérieure et la base inférieure du cylindre, nous formerons

les lignes $a'd'$ et $c'b'$. Leurs positions montrent qu'une certaine torsion doit exister dans la lame cellulosique.

La ligne qui nous apparaît lorsque la mise au point est faite pour la partie postérieure du cylindre peut aussi ne pas se présenter doublement courbée, mais droite; cela ne modifie pas fortement le schéma, et diminue la torsion de la lame. On peut réaliser de pareilles lames d'eau de savon en les faisant s'attacher dans un cristallisoir cylindrique recouvert d'une lame de verre, et en tournant le couvercle du vase.

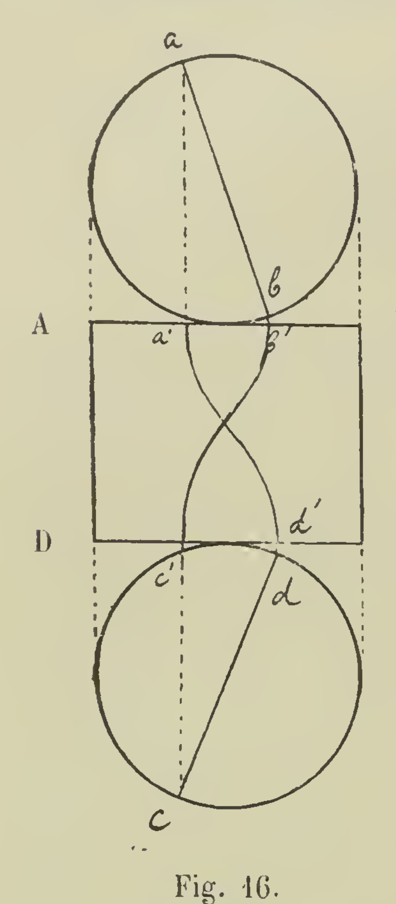


Fig. 16.

Si une double courbure, avec attaches rectangulaires, peut exister dans les membranes dirigées dans le sens de l'axe, il peut aussi se faire, mais plus rarement, que des cloisons transversales paraissent obliques; mais pour satisfaire au principe de la section rectangulaire, elles prennent une forme analogue à celles des rhizoïdes des Mousses ou des Characées, mais avec une courbure bien moins marquée.

Les auteurs ont figuré aussi dans les cellules terminales plus ou moins paraboloïdes de ces Algues des cloisons transverses planes, qui ne peuvent s'attacher sur la cloison plus ancienne, si ce n'est en formant vers la pointe de l'organe des angles plus petits que l'angle de 90°. On s'assure aisément qu'une courbure existe en réalité et fait rentrer cette cloison dans le type ordinaire; elle est donc analogue à celle des spores du *Pellia calycina* (fig. 8). D'autres fois encore, la cellule terminale peut se diviser par une cloison dirigée dans le sens de la longueur du filament, et passant par l'axe de la cellule. Cette lame est alors plane et ses points d'attache se verront partout à 90°, pourvu qu'elle soit observée de profil.

Fucus.

(Pl. II, fig. 40-44.)

Dans les différents tissus des *Fucus* se rencontrent également des membranes figurées obliques par les auteurs. Cet aspect a surtout été représenté dans les rhizoïdes. Il ne m'a pas été possible de suivre des germinations, ni d'étudier d'une façon assez approfondie la genèse de ces membranes, mais dans tous les cas où j'ai pu les observer, elles présentaient une double courbure. Celle-ci amenait une attache rectangulaire de la nouvelle cloison sur l'ancienne. Les figures de ces cloisons, que nous trouvons dans les « Études phycologiques » de Thuret et Bornet, quoique n'ayant pas été faites dans le but d'illustrer le principe de Sachs, montrent à l'évidence l'existence d'une courbure [1].

Les paraphyses qui accompagnent les organes fructifères sont cloisonnées parfois par des membranes exceptionnelles; mais, malgré leurs formes, elles suivent les règles de l'attache rectangulaire. En général, les paraphyses sont dressées et, tout en se ramifiant, elles se divisent uniquement par des cloisons perpendiculaires à leur axe; mais on observe parfois des membranes à double courbure, rappelant tout à fait celles dont nous avons suivi la formation dans les rhizoïdes des Mousses. Elles se disposent dans le sens longitudinal du filament, s'appuyant sur les cloisons transverses, dédoublant sur leur longueur les cellules primitives. Des membranes divisent parfois aussi les cellules en biais, en s'attachant sur les côtés (en coupe optique), comme on peut le voir dans les figures 42 et 44 de notre planche II. Ces figures font voir la double courbure sans laquelle l'attache rectangulaire serait impossible.

Lorsque les cloisons sont destinées à séparer un rameau, elles s'attachent d'un côté à une membrane transverse, de l'autre à la paroi latérale, ou des deux côtés à la même paroi latérale. Il n'est pas difficile de concevoir que, pour suivre les règles, elles devront présenter des courbures soit simples, soit

[1] *Études phycologiques.* Paris, 1878, pl. XIV, fig. 23.

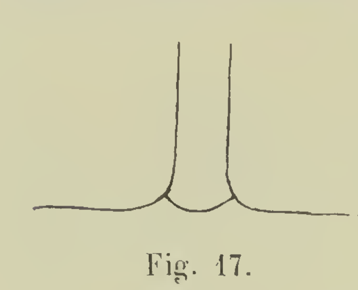
doubles, comme celles que l'on peut reproduire avec des lames d'eau de savon, soit dans des schémas en fil de fer, soit dans des tubes de verre.

Les cellules dans lesquelles ces membranes ont été observées étaient probablement pathologiques, car en général les filaments neutres du conceptacle des *Fucus* sont formés de cellules cylindriques, tandis qu'elles étaient renflées et de forme souvent irrégulière dans les paraphyses que nous avons pu étudier.

Ectocarpus.

(Pl. II, fig. 34-39.)

Dans les filaments d'*Ectocarpus*, on rencontre des membranes qui, au premier aspect, sont obliques; elles s'insèrent sur d'autres membranes courbes, et paraissent faire avec celles-ci des angles aigus. Cela se remarque fréquemment dans les rameaux, suivant que la cloison s'est développée au niveau même de la hernie ou dans la cellule du filament principal. Si elle s'est constituée à la base du renflement, elle apparaîtra fortement courbée en verre de montre, et aura un aspect analogue à celui d'une lame liquide mince, formée à la base du goulot d'une bouteille, comme le fait voir le croquis (fig. 17).


Fig. 17.

Si la cloison s'est constituée dans l'intérieur de la cellule, elle pourra présenter une double courbure, comme le montre la figure 38 de la planche II. On peut également observer chez les *Ectocarpus* des membranes divisant les cellules dans le sens de la longueur des filaments et se présentant alors sous la forme que nous avons rencontrée pour les filaments stériles des conceptacles de *Fucus*.

Dans la production des rhizoïdes et des rameaux végétatifs, les mêmes aspects se présentent; ces deux portions de la plante, morphologiquement différentes, sont à leur origine tout à fait identiques. Pour bien observer les courbures dans les cloisons de ces Algues, il est bon de dissoudre leur contenu cellulaire; on peut pour cela employer l'eau de javelle, soit directement, soit après fixation par l'alcool.

Taonia atomaria.

(Pl. IV, fig. 24-35.)

Parmi les tissus d'Algues que les auteurs ont encore figurés comme cloisonnés par des membranes obliques, il faut citer le *Taonia atomaria*. Si nous examinons en effet les figures classiques que Reinke a données dans son travail sur les Dictyotacées du golfe de Naples [1], nous y voyons soit au bord du thalle, soit vers l'intérieur, des cloisons qui ne sont nullement en harmonie avec le principe de la section rectangulaire.

L'examen de la plante fraîche comme celui d'échantillons fixés montre, quant aux cloisons, l'aspect représenté dans les figures de Reinke; elles sont fortement obliques. Si l'on colore les matériaux par la picronigrosine ou le carmin, après fixation par l'alcool ou l'acide chromoacétique, on observe un noyau dans chacune des cellules du thalle. A l'intérieur de celui-ci se trouve un nucléole fortement coloré. En faisant de cette Algue des préparations au baume de Canada, au moyen de la méthode que nous avons indiquée pour les Sphacélariées, les cloisons cellulaires présentent toujours le même aspect. L'eau de javelle est le meilleur moyen pour éclaircir la préparation; en montant ensuite les fragments de l'Algue dans la glycérine, on se rendra très bien compte de l'agencement des cellules. Les cloisons d'aspect oblique sont courbées et non planes; ces courbures ont pour effet de permettre des attaches rectangulaires, qui ne pourraient se produire si les membranes étaient planes, comme elles ont été figurées.

La croissance particulière de cette espèce fera comprendre comment se forment les cloisons dessinées par Reinke.

Le *Taonia* est constitué par un thalle aplati, se ramifiant plus ou moins; l'accroissement du thalle se fait surtout par la périphérie. Au milieu de la couche cellulaire qui forme la zone d'accroissement ne se voient presque

[1] *Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die Dictyotaceen des Golfs von Neapel*, in *Nova Acta d. ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Ak. der Naturforsch.*, Bd XI, n. 1, pl. IV.

jamais de cloisons obliques; les cellules sont disposées en files longitudinales, placées côte à côte; elles se divisent en général dans le sens perpendiculaire à leur longueur. Cette croissance ne pourrait qu'augmenter la longueur du thalle et non sa largeur; la ramification de l'Algue ne s'observerait donc pas si ce mode de multiplication cellulaire existait seul. Pour augmenter le diamètre, il faut une croissance intercalaire, se produisant dans le sens de la largeur. A cet effet, des divisions longitudinales se forment dans les cellules périphériques; mais les cloisons nouvelles ne vont pas s'attacher contre la paroi basilaire des cellules qu'elles divisent : elles se forment entre la paroi supérieure et la paroi latérale, comme Reinke l'a figuré dans la planche IV, figure 17 de son travail. Pour que la disposition de ces lames soit conforme à la loi de la section rectangulaire, elles devront être courbées et présenteront dès lors un aspect analogue à celui d'une lame d'eau de savon formée dans les mêmes circonstances. On observe facilement cette disposition, et les dessins ci-joints montrent les courbures qui siègent dans les membranes (pl. IV, fig. 31-32).

Au lieu d'une simple courbure, comme cela se voit très fréquemment dans les parties périphériques encore en pleine voie de division, les cloisons peuvent se disposer en S, comme celles que nous avons déjà vues se constituer, dans des cas analogues, chez d'autres organismes. Cette forme en semelle, très fréquente dans les cellules des parties du thalle qui se trouvent vers les découpures marginales, se comprend fort bien si l'on considère les courbures des membranes sur lesquelles les cloisons nouvelles doivent s'attacher (pl. IV, fig. 28).

Pour se rendre compte de l'aspect exact présenté par les cloisons de ces Algues, il suffira de jeter un coup d'œil comparativement sur les quelques dessins que j'ai tracés (pl. IV) et sur les planches du travail de Reinke.

Dans les cellules de l'intérieur du thalle, subissant quelquefois des bipartitions pendant assez longtemps encore, on remarque des cloisons que l'on pourrait croire obliques; mais un examen attentif fait vite apercevoir la double courbure permettant à la membrane d'attacher son pourtour rectangulairement contre les parois de la cellule dans laquelle elle a pris naissance.

Toutes les transitions entre la membrane droite et celle à double courbure très marquée pourront s'observer dans un même fragment de thalle.

Dans les jeunes thalles de cette espèce, Reinke figure également (fig. 10 et 15) les cloisons obliques, et il attire spécialement l'attention sur ces membranes [1]. Je ne sais si ces cas peuvent être considérés comme des exceptions. Je ne les ai pas observées moi-même, n'ayant point eu à ma disposition des germinations de *Taonia*. Je suis porté à croire que ces cloisons, étudiées sur des tissus dont les cellules auront été privées de leur contenu, montreront les courbures nécessaires pour permettre une attache rectangulaire. Déjà, dans les figures 12 et 14 de Reinke, nous voyons des membranes dont la forme se rapproche sensiblement de celle qu'elles devraient présenter pour suivre la règle de Sachs.

La membrane cellulaire, lors de sa genèse, possède une tension inférieure à celle de la cloison sur laquelle elle s'attache; cette différence permet de lui appliquer les principes qui régissent l'attache des lames liquides sur des parois rigides. Mais, en vieillissant, elle acquerra une tension de plus en plus forte, et cette tension aura naturellement pour effet d'exercer peu à peu une traction sur la cloison ancienne. Cela se remarque facilement dans les tissus du *Taonia atomaria;* c'est par une traction analogue que, dans les cellules récemment divisées, les membranes nouvelles tirent sur les parois cellulaires plus anciennes, de façon à présenter au bout de peu de temps, au lieu de cloisons se rencontrant à angles droits, des intersections de 120° environ. La paroi de la cellule voisine est tirée vers l'intérieur de la cellule où s'est constituée une membrane nouvelle, à l'endroit où s'attache cette cloison (pl. IV, fig. 26). Si à l'intérieur du thalle deux lames de cellulose se sont formées à peu près au même niveau dans deux cellules contiguës, les tractions exercées par ces deux cloisons suffiront à dédoubler la paroi cellulaire en deux lamelles. Celles-ci seront tirées chacune d'un côté, de façon à laisser entre elles un méat intercellulaire (pl. IV, fig. 26*a*).

[1] *Lehrbuch d. allgemeinen Botanik.* Berlin, 1880, p. 123, fig. 86.

Dictyopteris polypodioïdes.

(Pl. IV, fig. 28-29.)

Chez le *Dictyopteris polypodioïdes,* Algue voisine du *Taonia atomaria,* étudiée aussi par Reinke [1], nous trouvons, d'après les dessins de l'auteur, certaines cloisons dont l'attache paraît se faire sous des angles différents de ceux qu'exige la règle de Sachs.

Le *Dictyopteris* possède également une zone de croissance située au pourtour de son thalle. Mais, dans cette zone, les cellules, au lieu de se diviser par des cloisons incurvées s'attachant sur les paroi latérales et supérieures des cellules, se divisent longitudinalement ou par des membranes transverses. Les figures données par Reinke répondent bien à cet aspect présenté par l'extrémité du thalle du *Dictyopteris;* on ne remarque jamais dans les cellules de bordure de cloisons d'apparence oblique.

C'est à l'intérieur du thalle et dans les portions périphériques déjà assez éloignées des points végétatifs que se trouvent les cloisons en apparence obliques. Un examen minutieux montre cependant que loin de constituer une exception au principe de Sachs, elles présentent des courbures. Celles-ci amènent les nouvelles membranes à s'attacher sur celles qui sont plus anciennes, de manière à former des angles de 90°. Comme chez le *Taonia,* nous trouvons des cloisons à une seule courbure et d'autres dont la surface est doublement incurvée; ces courbures dépendent de la direction des nouvelles membranes.

Les poils très nombreux qui garnissent le thalle du *Taonia* prennent naissance de certaines cellules périphériques, et se divisent toujours par des lames de cellulose transverses perpendiculaires à leur axe.

Dictyota dichotoma.

(Pl. IV, fig. 16-23.)

La division de la cellule terminale de cette Algue a lieu, d'après tous les auteurs, par une cloison qui s'applique obliquement sur la paroi interne de la cellule mère.

[1] Reinke, *Entwicklungsgeschichtl. Unters.,* pl. VI.

Parmi les figures classiques reproduisant l'aspect que nous venons d'indiquer, il faut citer celles de Nägeli, publiées dans ses « Neuere Algensysteme », et celles de Reinke [1]. Ces dessins ont été reproduits depuis dans la plupart des traités généraux de botanique, et quelques-uns d'entre eux servent d'exemple typique de dichotomie.

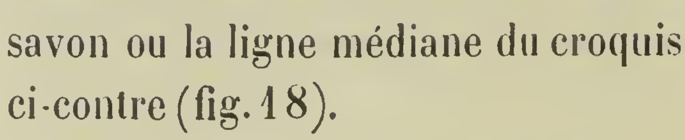
On ne peut se faire une idée de la forme de la cellule terminale de cette Algue, ni de celles qui en dérivent, si l'on étudie la plante telle quelle; son contenu cellulaire très compact empêche de se rendre compte des courbures présentées par les membranes. Les préparations obtenues après fixation à l'alcool, coloration au carmin et passage au baume en suivant la méthode décrite plus haut, sont déjà préférables. Le meilleur procédé pour observer la forme des cloisons chez le *Dictyota* est celui que nous avons déjà indiqué plusieurs fois. Après avoir laissé séjourner pendant quelque temps des fragments de tissus de cette Algue dans l'eau de javelle, on pourra les étudier soit dans l'eau, soit dans la glycérine. Si l'éclaircissement a été trop considérable, il faudra traiter la préparation par la méthode de Van Tieghem et Douliot [2], c'est-à-dire successivement par des solutions de tannin et de sel de fer; les membranes seront alors beaucoup mieux visibles.

Chez le *Dictyota* la ramification se fait, comme le nom spécifique l'indique, par une véritable dichotomie : la cellule terminale se divise en deux par une cloison longitudinale axiale, chaque cellule ainsi constituée devenant la cellule terminale d'une ramification. Avant cette dichotomie, la cloison inférieure de la cellule terminale présente le même aspect qu'une lame d'eau de savon appliquée contre la paroi interne d'un récipient à paroi bombée, un ballon à fond rond, par exemple. Cette cloison est donc courbée en verre de montre. On confond facilement la coupe optique de cette membrane avec la circonférence d'attache de la cloison : si la mise au point est faite pour la partie extérieure de l'Algue, la ligne d'attache se verra d'abord; celle-ci ne pourra

[1] NAEGELI, *Die neuern Algensysteme*. Zürich, 1847, pl. V, fig. 12-16. — REINKE, *Entwicklungeschichtl. Unters.*, pl. I et II; *Lehrbuch*, p. 115, fig. 76.

[2] Voyez VAN TIEGHEM et DOULIOT, *Origine des membres endogènes*. Paris, 1889, p. 5.

former avec la paroi un angle de 90°, comme le montre une bulle d'eau de savon ou la ligne médiane du croquis ci-contre (fig. 18).



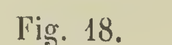


Fig. 18.

Un ballon ne peut guère schématiser complètement l'extrémité du thalle des *Dictyota*. Celle-ci, en effet, est plus aplatie, présentant en coupe une forme elliptique; les deux lignes qui apparaîtront successivement seront donc courbées; la première ne sera pas droite comme celle que l'on observerait pour une lame de savon appliquée contre le fond d'un ballon.

Si l'on examine des extrémités soit à l'état frais, soit fixées, mais dont le contenu cellulaire n'a pas été enlevé, l'attache sur le pourtour de la cellule sera seule visible; la coupe optique de la cellule terminale biconvexe sera cachée par la cellule voisine dont la forme est comparable à une lentille concave-convexe (pl. IV, fig. 21, 22).

Très souvent on trouve ainsi chez le *Dictyota* deux cloisons en verre de montre, situées l'une sous l'autre à une faible distance, comme le montrent les dessins de la planche IV (fig. 20-22). Des figures pareilles peuvent se réaliser avec des lames d'eau de savon dans un ballon à fond rond (voir fig. 38). Des calottes se séparent ainsi successivement de la cellule terminale; à un certain moment, une cloison perpendiculaire divise alors celle-ci, et donne naissance à la dichotomie. Dans les deux cellules ainsi constituées apparaissent ensuite des cloisons qui s'attachent contre la paroi nouvelle et contre la paroi externe (pl. V, fig. 15), comme l'indiquent les dessins de Nägeli. Chacune de ces membranes ne se présente pas tout à fait telle que le figure Nägeli; l'insertion n'est pas oblique, mais bien semblable à celle d'une lame d'eau de savon, c'est-à-dire que la coupe optique de la cloison est disposée à angles droits en ses points d'attache.

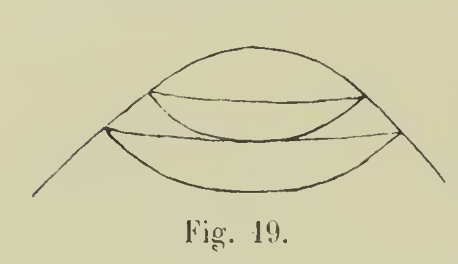


Fig. 19.

Pour satisfaire au principe de la section rectangulaire, il peut se présenter dans la cloison différentes courbures. Ou bien la membrane se place directement à angle droit n'ayant qu'une seule courbure (fig. 20, A); on réalisera

cet aspect en bulle d'eau de savon en faisant s'attacher une lame liquide dans le fond d'un vase conique. Ou bien la cloison présentera une courbure en S (fig. 20, B), qui se voit presque toujours dans les *Dictyota*. Cette courbure n'est pas réalisable en bulle de savon; elle est sans doute due à des pressions internes, celles-ci agissant avec plus de facilité sur la paroi jeune que sur la paroi externe très épaisse de la cellule.

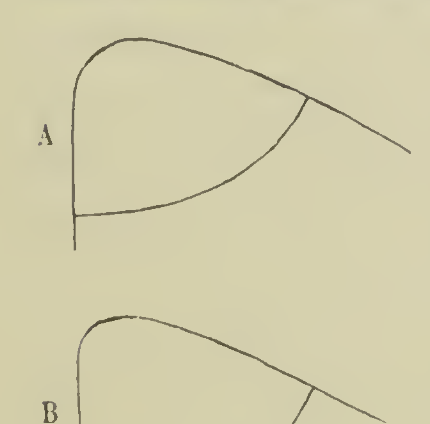


Fig. 20.

Les deux cloisons qui se forment vis-à-vis l'une de l'autre ne viennent pas s'attacher tout à fait au même point : l'une se place un peu au-dessus de l'autre. Lorsque ces membranes vieillissent, elles exercent sur les cloisons plus anciennes des tractions assez énergiques, qui s'observent fort bien. Le résultat est de donner à la cloison longitudinale l'aspect d'une ligne brisée; cette ligne présente alternativement ses angles d'un côté et de l'autre de la partie médiane du thalle (pl. IV, fig. 18, 19). Dans les deux cellules issues de la bipartition de la cellule terminale, la division peut se faire d'une autre manière encore; au lieu de s'attacher sur la partie médiane, les membranes peuvent s'appliquer par leurs deux extrémités (coupe optique) sur la paroi terminale, et séparer ainsi à nouveau des cellules lenticulaires biconvexes (pl. IV, fig. 19).

On observe, — et cela, fréquemment, lorsqu'une dichotomie se prépare, — des points végétatifs déprimés, comme celui que figure Reinke (pl. I, fig. 5). Comme pour les autres cellules terminales passées en revue, les cloisons s'attachent rectangulairement et sont par conséquent beaucoup plus bombées que celles dont nous trouvons les dessins dans les travaux de Reinke. Les figures 9 et 10 de la même planche ne me semblent pas rendre l'aspect réel; elles devraient se présenter sous des aspects que nous avons essayé de reproduire dans les différents dessins de la planche IV. Le thalle des *Dictyota*, examiné dans son ensemble avec un assez faible grossissement, montre fort bien les trajectoires orthogonales; les anticlines surtout sont très nettes.

Pour les cellules internes du thalle, on aperçoit et on a figuré des membranes qui, à première vue, paraissent obliques. Cependant, une obser-

vation attentive fait vite remarquer qu'ici, comme pour les cas signalés antérieurement, nous ne trouvons pas d'attaches de cloisons jeunes se faisant sous un angle différent de l'angle droit. Il se manifeste dans ces cloisons des courbures ayant pour effet de permettre aux lames de cellulose de s'attacher suivant le principe de la section rectangulaire. Dans les cellules profondes du thalle qui se sont divisées depuis quelque temps, on constate la traction exercée par la membrane nouvelle sur l'ancienne; au fur et à mesure que la tension augmente dans la lamelle récente, les angles augmenteront; lorsque l'équilibre de tension est atteint, les angles interceptés mesurent environ 120° (pl. IV, fig. 16, 17).

Les cellules en voie de division active possèdent des noyaux assez volumineux, facilement colorables par le carmin. Ces noyaux sont constitués, comme chez beaucoup d'Algues, par une masse fondamentale, qui ne retient presque pas la matière colorante, et par un nucléole très avide du colorant. Comme dans la plupart des cellules dont la division est inégale, le noyau supérieur (cellule terminale) est beaucoup plus grand que l'inférieur. Je n'ai pu suivre une division ni en voir les différentes phases; je ne sais donc si elle se fait caryocinétiquement et s'il y a une répartition inégale de nucléine dans les deux noyaux issus de la division. J'ai représenté dans certains dessins la différence de grandeur des deux noyaux, en supprimant le protoplasme, de manière à pouvoir les délimiter plus nettement (pl. IV, fig. 19).

Dans le thalle du *Padina pavonia*, Reinke figure des cellules terminales analogues de forme à celles du *Dictyota* [1]. Je n'ai pu étudier cette espèce à ses différents stades de développement; j'ignore si ses cloisons, comme celles du *Dictyota*, suivent la loi de l'attache rectangulaire.

Les dessins de *Zonaria parvula*, publiés dans le même travail de Reinke et dans son *Lehrbuch*, montrent aussi des cloisons obliques. Mais il faut faire remarquer ici que les dessins de la planche VI, figure 2 [2], par exemple, et figure 87, page 124 du Traité, tout en étant semblables, ne sont pas complètement

[1] Reinke, *loc. cit.*, pl. III, fig. 5 et 6.
[2] Ibid., *loc. cit.*, pl. VI, fig. 2.

identiques. Dans cette dernière figure, en effet, les lignes *a* et *b*, qui sont des cloisons à aspect oblique, sont sans doute rectangulairement disposées. Dans la figure des *Nova Acta*, *a* n'existe pas et la cloison *b* a une attache beaucoup plus oblique. Une étude attentive de ces membranes fera fort probablement voir leur attache rectangulaire et leur concordance complète avec le principe de Sachs.

FLORIDÉES.

Les *Floridées* présentent aussi des exceptions apparentes; beaucoup d'auteurs ont dessiné soit la cellule terminale, soit celles qui donneront naissance à des rameaux, comme terminées inférieurement par des membranes à attache oblique. Il est cependant aisé de se rendre compte de l'inexactitude de ces figures; déjà dans les filaments vivants on voit la membrane se courber en son centre de façon à venir s'attacher, suivant les règles, à ses deux extrémités. La plasmolyse ou l'eau de javelle sera d'ailleurs ici d'un puissant secours pour s'assurer de la forme des cloisons.

On voit ainsi facilement, pour le *Ptilota elegans*, dont j'ai eu l'occasion d'examiner des matériaux frais, que les figures données par Pringsheim dans ses « Beiträge zur Morphologie der Meeres-Algen », et qui semblent faire exception à la règle de Sachs, ne sont pas tout à fait exactes. Pour satisfaire à la loi, il faut non pas que les cloisons s'attachent, comme les dessins de Pringsheim semblent l'indiquer, d'un côté à l'angle formé par la ramification avec le rameau principal[1], mais bien contre la paroi transverse supérieure de la cellule mère du rameau, comme je l'ai indiqué dans les planches jointes à ce mémoire. C'est par suite d'un phénomène secondaire

[1] *Beiträge zur Morphologie der Meeres-Algen*, in *Abhandl. d. k. Ak. d. Wissensch.* Berlin, 1861, pl. VIII, fig. 2.

de croissance que le rameau paraît soudé en partie le long du filament principal et séparé de celui-ci par une cloison oblique (pl. V, fig. 33).

Nitophyllum punctatum.

(Pl. IV, fig. 36-46.)

Le *Nitophyllun punctatum* nous présente dans ses cellules végétatives des cloisons paraissant, à première vue, constituer des exceptions complètes à la règle de l'attache rectangulaire. Cependant certains auteurs ont, sans attirer l'attention sur ce fait, vu assez bien les points d'attache et, par suite, la forme réelle de ces cellules terminales. Parmi les meilleures figures, il faut citer celles que Reinke a publiées dans son « Lehrbuch [1] ».

Cette Floridée présente par-ci par-là au bord de son thalle, en général au milieu de petites élevures, des cellules terminales. Elles varient beaucoup d'aspect suivant que l'on examine la plante munie de son contenu protoplasmique ou après l'en avoir privée. Pour se rendre un compte exact de la forme cellulaire, il est nécessaire d'enlever le protoplasme. L'action de l'eau de javelle doit être, autant que possible, suivie sous le microscope et arrêtée au moment où tout le protoplasme des cellules voisines de la terminale n'est pas encore dissous; si l'eau de javelle agit trop longtemps, la préparation devient trop transparente et ne peut plus servir à démontrer nettement la courbure de la membrane.

Dans un fragment de thalle fixé par l'alcool et examiné dans la glycérine, on apercevra la cellule terminale entourée de zones disposées comme les anticlines de Sachs. La cellule terminale elle-même nous apparaît ou bien sous la forme d'un polygone dont le large côté forme la paroi externe du thalle, et qui se trouve limité vers l'intérieur de celui-ci par trois ou quatre autres cloisons; ou bien elle est lenticulaire, convexe ou biconvexe peu épaisse, comme le montrent nos dessins.

[1] Reinke, *Lehrbuch*, p. 172, fig. 124.

En faisant agir un dissolvant du protoplasme sur des échantillons analogues, cet aspect s'évanouira, et la cloison, vue en coupe optique, sera comparable à une bulle d'eau de savon, s'appliquant sur une paroi courbe. On pourrait prendre pour une cloison la ligne d'attache de la membrane. Parfois même la cellule terminale paraît divisée par une cloison oblique s'attachant à la paroi extérieure, comme l'a figurée Reinke; mais par un examen plus attentif, on reconnaît que cette cloison est le résultat d'une division faite à l'extérieur dans une cellule issue d'une division antérieure de la cellule terminale.

Fig. 21.

Les quelques croquis ci-joints (pl. IV, fig. 36-40), mieux que les descriptions, feront comprendre la disposition des membranes et la concordance de leurs formes avec les lois de la tension superficielle.

Un autre genre de cloisons, conduisant à la constitution d'une nouvelle cellule terminale, peut encore se présenter. La cloison qui sépare la cellule s'applique d'un côté contre la paroi externe du thalle, de l'autre contre une des parois en verre de montre, et cela toujours en formant en ces points des attaches rectangulaires. Ces angles ne se présentent à 90° que si l'on peut observer une coupe très médiane de la cellule délimitée par cette cloison; étudiées sur des échantillons dont le contenu protoplasmique n'a pas été enlevé, les parois paraîtront toujours plus ou moins obliques.

Dans les planches qui accompagnent le travail de Wille [1], nous voyons figurer, pour le *Rhodophyllis bifida*, un mode de division cellulaire rappelant celle des *Taonia atomaria*; ici aussi une étude attentive fera sans doute voir une attache rectangulaire de la portion inférieure de ces cloisons.

La même observation doit s'appliquer fort probablement à la plupart des cellules terminales des *Floridées*; nous trouvons en effet, dans presque tous les dessins, des cloisons planes. Elles sont disposées comme des cordes parallèles qui couperaient des segments d'un cercle. Suivant la mise au point,

[1] *Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der physiologischen Gewebesysteme bei einiger Florideen*, in *Nova Acta Ksl. Leop.-Carol. Deutsch. Ak. der Naturforsch.*, 1887, pl. IV, fig. 38.

ce sera ou la ligne de soudure de la cloison à la paroi, ou sa coupe optique, qui, elle, est à attache rectangulaire, qui sera visible. Cette cloison, en effet, est courbe avec sa concavité dirigée vers le sommet du thalle. C'est sans aucun doute la ligne d'attache contre la paroi qui est généralement figurée.

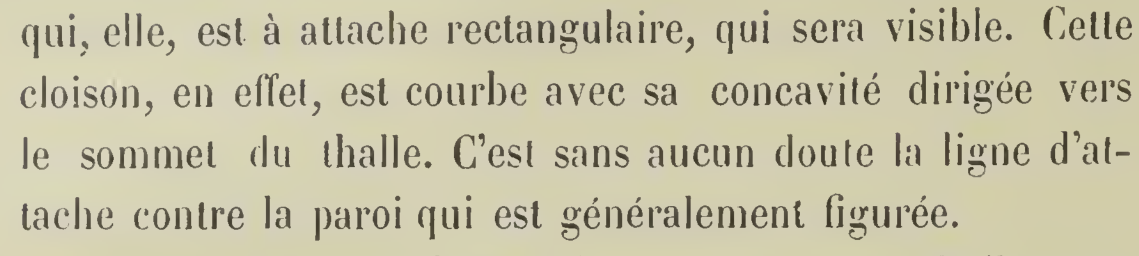


Fig. 22.

On peut reproduire l'aspect de ces cloisons assez facilement, en formant une lamelle d'eau de savon près du fond d'un tube à réactif, qui, dans sa forme générale, rappelle celle des extrémités des rameaux de beaucoup de *Floridées* (fig. 22).

L'eau de javelle est, ici aussi, un excellent auxiliaire pour étudier la véritable forme de ces membranes; en examinant des tissus dont les cellules sont encore munies de leur contenu, le protoplasme de la cellule inférieure empêche de se rendre compte de la courbure, comme le montrent les extrémités des rameaux des *Ceramium*.

Les cellules terminales marginales des *Rhodophyllis*, *Rhizophyllis*, rentrent sans doute dans les règles, mais je n'ai pu les étudier suffisamment sur des matériaux bien fixés.

Delesseria Hypoglossum.

L'extrémité du thalle du *Delesseria Hypoglossum*, telle qu'elle est figurée par Reinke, présente des cloisons à première vue tout à fait exceptionnelles [1]. Berthold a repris l'étude de cette Algue, et conclut également à la présence de cloisons obliques; il compare les cellules terminales du *Delesseria* à celles que l'on trouve dans les *Dictyota* [2]. Nous avons vu, en effet, chez cette dernière Algue, des cloisons semblant présenter une attache oblique, mais ce n'est qu'une apparence. Je n'ai pu examiner des matériaux vivants de *Delesseria*, ni des échantillons fixés; j'ai fait quelques observations naturellement très sommaires sur des échantillons d'herbier.

[1] Reinke, *Lehrbuch*, p. 118, fig. 79.

[2] Berthold, *loc. cit.*, pl. VI, fig. 3.

Lorsque l'on traite de pareils matériaux par l'acide lactique, surtout en faisant agir la chaleur, on obtient des préparations rappelant beaucoup ce que l'on doit voir sur des fragments pris directement à la plante vivante. On ne peut cependant tirer de l'examen de ces échantillons des conclusions définitives [1].

Reinke et Berthold figurent une cellule terminale limitée à sa partie inférieure par une cloison s'attachant à la périphérie sous un angle plus petit que l'angle droit. Cette membrane n'est nullement ainsi disposée. La rencontre en coupe optique est bien rectangulaire; la ligne dessinée par ces deux auteurs est à coup sûr la ligne d'attache de la membrane sur le pourtour. Quand l'Algue a été traitée par l'acide lactique à chaud ou par l'eau de javelle, les deux lignes apparaissent successivement.

Les cellules du *Delesseria* sont donc bien comparables à celles du *Dictyota*, mais elles ne constituent ni les unes ni les autres des exceptions à la règle de l'attache rectangulaire des membranes, comme le croyaient Reinke et Berthold.

Quant aux cloisons qui se forment sur les côtés du thalle, placées dans les « randständige Scheitelzellen » de Berthold, cloisons que Reinke a figurées dans un schéma reproduit ici (fig. 23), la ligne *ut*, c'est-à-dire la cloison nouvelle, ne semble pas représenter ce que l'on voit quand on examine soigneusement ces cellules. En effet, en coupe perpendiculaire à son axe, le thalle de cette Algue doit avoir la forme d'une ellipse très allongée, et l'ensemble de l'Algue de sa partie moyenne jusque vers la pointe, doit être représenté dès lors par un cône à base elliptique. Les angles A et B ne peuvent donc être droits, comme les figure Reinke, si ce n'est à condition que les cloisons supérieures et inférieures des cellules de bordure soient perpendiculaires à la ligne AB, cette dernière étant la limite du thalle. Or, cela ne s'observe pas dans la plupart des « Randzellen », de la figure que Reinke nous donne à la page 118 de son Traité. Les angles droits existent cependant. En examinant avec soin une

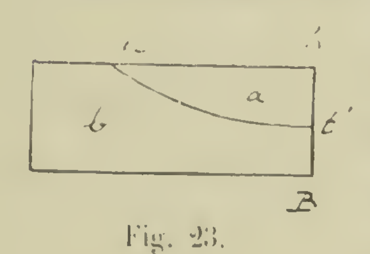


Fig. 23.

[1] Cfr. Lagerheim, in *Hedwigia*, 1888; Id., in Morot, *Journal de Botanique*, 1888, p. 448.

extrémité de *Delesseria*, on verra, même à une certaine profondeur dans le thalle, les cloisons encore très nettement perpendiculaires à la ligne périphérique. Elles ne peuvent donc se présenter comme cela est figuré dans le dessin de Reinke, mais bien comme le montre la belle figure du travail de Berthold (pl. VI, fig. 3).

D'après ce schéma (fig. 23), il est facile de se faire une idée de la direction de la membrane, et, même dans des échantillons d'herbier traités par le procédé signalé plus haut, l'attache rectangulaire est reconnaissable en ces points, si l'on examine la coupe optique. Suivant la portion de l'ellipse mise au point, on comprend, comme nous l'avons déjà fait voir plus haut, que la cloison prendra un autre aspect; cela nous explique les dessins discordants des auteurs, qui ne montrent pas toujours des attaches orthogonales.

Les attaches au point *t* ne peuvent cependant être très différentes de l'angle de 90°, et, en cela, les dessins sont en harmonie avec la figure que nous représenterait une lame liquide mince s'appliquant sur une lame solide ayant la courbure de la cloison périphérique. Mais il n'en est pas du tout de même pour l'attache en *u*. En cet endroit, en effet, la membrane ne vient pas s'attacher sur une cloison plane, mais bien sur une cloison en verre de montre, dont la concavité est dirigée vers la pointe du thalle. Quand nous mettrons au point pour la coupe optique, nous verrons la coupe idéale de la cloison, et les attaches satisferont à la règle de Sachs en étant fortement courbées. Si l'on examine la partie supérieure du thalle, la ligne formée par l'attache de la membrane à la paroi externe apparaîtra.

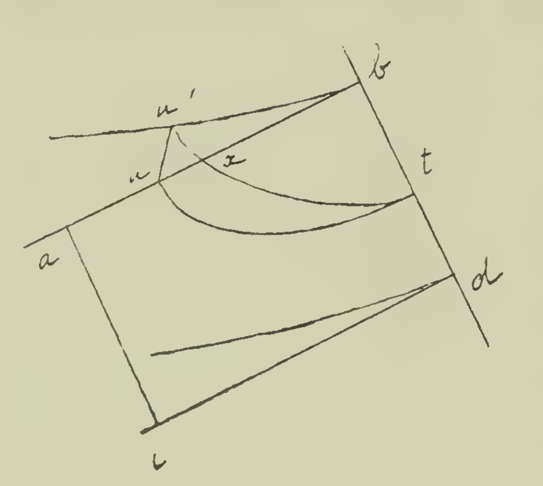


Fig. 24.

Nous aurons ainsi un ensemble de lignes que nous pourrons représenter par la figure schématique et perspective ci-contre (fig. 24): au point x se rencontreront en apparence deux cloisons peu distantes l'une de l'autre, puisque nous avons dit que l'ellipse représentant la coupe du thalle était fortement aplatie. C'est, fort probablement, ou le point de croisement de ces lignes, ou la ligne $u't$ qui a été figurée par les auteurs.

Ce schéma est un peu exagéré; il ne peut pas y avoir une distance si grande entre les lignes *bu* et *bu'*, car il ne faut pas perdre de vue que ces cloisons se forment dans un cône à section elliptique; la courbure de la cloison transverse n'est donc pas aussi fortement accusée dans le sens de l'épaisseur du thalle.

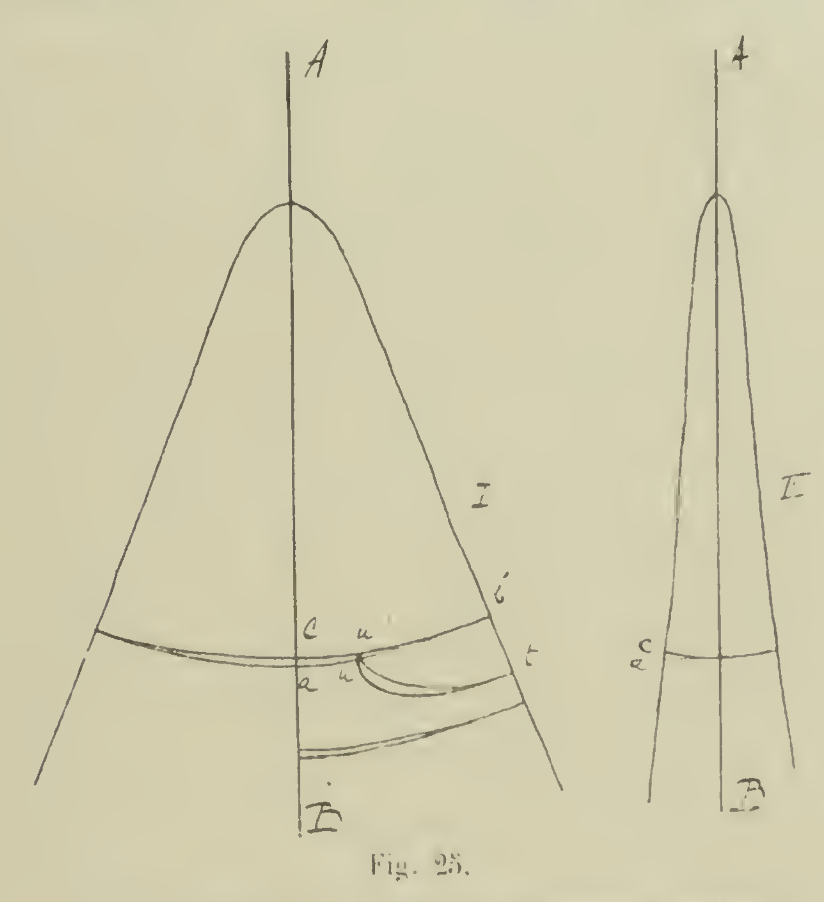


Fig. 25.

I. Vue superficielle du thalle du *Delesseria* (schéma).
II. Coupe longitudinale schématique du même thalle, passant par la ligne AB.

Le premier croquis (fig. 24) nous représente ce que l'on obtiendrait dans une cône, et cela peut se reproduire en lames d'eau de savon dans un ballon en verre dont le fond *ab*, bombé vers l'intérieur, forme avec les parois *bd* des angles droits (fig. 24).

Les croquis I et II (fig. 25) feront mieux comprendre ce qui se passe chez le *Delesseria*.

On constate en tout cas assez facilement dans les préparations que les membranes ne sont pas obliques, comme le veulent les auteurs. Elles présentent, au contraire, une courbure très nette vers l'intérieur du thalle.

Mais l'acide lactique exerce souvent des ratatinements, surtout quand les Algues ont été fortement desséchées; le volume des cellules et la direction des membranes limitantes peuvent être ainsi considérablement modifiés. Les cloisons de ces cellules marginales ne m'ont cependant jamais paru aussi obliques que celles des figures de Reinke et Berthold; il s'y présente toujours une courbure très facile à observer en faisant varier la mise au point. Cette courbure doit avoir pour effet d'amener des attaches orthogonales.

Ballia callitricha.

(Pl. V, fig. 1-7.)

Les cloisons qui se présentent dans le thalle de cette curieuse Floridée de la Nouvelle-Hollande, sont également intéressantes, non seulement au point de vue de leur direction dans les cellules, mais encore par leurs curieuses ponctuations, si bien étudiées par Archer. Ces ponctuations en creux mettent en communication les cellules du filament, comme cela a lieu fréquemment chez les Floridées ; elles sont munies de masses cellulosiques qui forment bouchon [1].

Magnus, dans son travail sur la morphologie des *Sphacélariées* déjà cité plus haut, a décrit la formation des membranes chez ces Algues dans les termes suivants : « Diese Gliedzellen, die an ihren oberen Enden diese asttragenden Zellen abzuscheiden streben, werden von den Scheitelzellen durch nach unten stark convexe Wände abgeschieden ». Une telle membrane est en effet représentée dans les figures 72 et 73 de la planche IV qui accompagne le mémoire de Magnus [2]. Lorsqu'on examine des échantillons d'herbier de cette espèce, après les avoir traités à chaud par l'acide lactique, les cloisons présentent en effet cet aspect, et cela même dans les états les plus jeunes. Ce cas serait donc tout à fait en désaccord avec les théories de l'équilibre des lames liquides minces ; car si même l'attache se faisait à angle droit en tous les points du pourtour, il n'y aurait point dans cette lame une courbure moyenne constante, et elle pourrait tout au plus se tenir en équilibre par suite de pressions intracellulaires exercées ultérieurement sur elle.

Plus loin, dans le même travail, nous trouvons : « An den unverzweigten spitzen Enden der Achsen, mit deren Bildung ihr Längenwachsthum aufhört, bilden sich zuweilen, noch an dem untersten Gliede diese dreiseitigen

[1] *On the minute structure and mode of growth of Ballia callitricha Ag.*, in *The Transact. of the Linean Soc. of London*, série II, vol. I, p. 211, pl. XXVIII et XXIX. — Voyez aussi S. le M. Moore, *Studies in Vegetable Biology*, I. *Observations on the Continuity of Protoplasm*, in *Journ. of the Linnean Soc. Bot.*, vol. XXI, p. 613, pl. XXI, fig. 54-58.

[2] Magnus, *loc. cit.*, p. 149, pl. IV, fig. 72-73.

Tragzellen der Aeste, ohne solche zu tragen; an der höheren Glieden unterbleibt deren Bildung und werden dieselben durch horizontale ebene Wände von der erlöschenden Scheitelzellen abgeschieden; die Scheidewände treten dort eben auf, da sie nicht mehr durch Wachtsthums streben der Gliedzellen beeinflusst werden ». La présence de ces membranes planes est également très visible dans les échantillons préparé comme nous l'avons indiqué plus haut.

La membrane décrite en premier lieu est-elle formée après coup ou bien naît-elle ainsi? Il est difficile de le dire, mais il est certain que la cloison que Magnus indique comme présentant une convexité vers le bas n'est pas aussi simple qu'on pourrait le croire à première vue. En effet, la ligne qui, d'après les figures et la description de Magnus, représente la coupe optique de la membrane, n'est nullement cette portion de la cloison; c'est au contraire la ligne formée par l'attache de la cloison contre la paroi de la cellule terminale primitive. Si l'on met au point pour la coupe optique du filament, on voit une cloison rectangulairement attachée des deux côtés. Mais si la vis de rappel du microscope est placée de façon à mettre au point pour la partie postérieure du filament, on voit une seconde ligne courbe analogue à la première. Ces deux lignes se superposent fort souvent, car la forme même du thalle de ce *Ballia* empêche de voir les cellules d'une autre manière; des observateurs non prévenus ont pu confondre ainsi ces deux lignes et les considérer comme représentant la concavité de la membrane cellulaire transverse.

Ces différentes lignes nous montrent donc que cette cloison doit présenter une forme particulière, tout à fait comparable à une selle. Or, ce genre de cloison satisfait fort bien aux lois de l'équilibre des lames liquides. On peut reproduire en fil de fer un schéma dont le contour est le même que celui de la cloison. En plongeant ce schéma dans de l'eau de savon, une membrane identique à celle des cloisons cellulaires du *Ballia* (voyez le croquis fig. 26) adhérera au fil de fer.

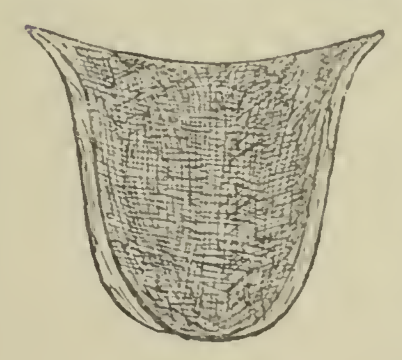


Fig. 26.

Si même cette cloison se formait telle que nous la rencontrons dans les cellules des rameaux principaux, comme cela est probable, elle satisferait encore à la règle de l'attache rectangulaire et aux lois qui régissent l'équilibre des lames liquides minces. Je dis : il est probable que ces cloisons prennent naissance sous la forme de selle, car même dans les rameaux pour lesquels Magnus indique une exception, on aperçoit presque toujours les différentes membranes transverses courbées en selle d'une manière plus ou moins accentuée. En tous cas, dans les rameaux principaux, même dans ceux qui sont encore en pleine voie d'allongement, je n'ai pas observé de cloisons planes. Dans la portion presque plane, qui constitue la crête de la selle, quand celle-ci est vue de profil, se trouve la ponctuation spéciale munie des gros bouchons de cellulose.

La formation des cellules initiales des rameaux est représentée par les auteurs comme due à une cloison à attache fortement oblique. Magnus dit à ce propos : « Die asttragende Zellen wird darauf durch eine von den abfallenden Seiten der convexen Scheidewand, schräg nach aussen nach der Mitte der Seitenwandung der Gliedzelle verlaufende Wand von dieser abgeschieden [1] ».

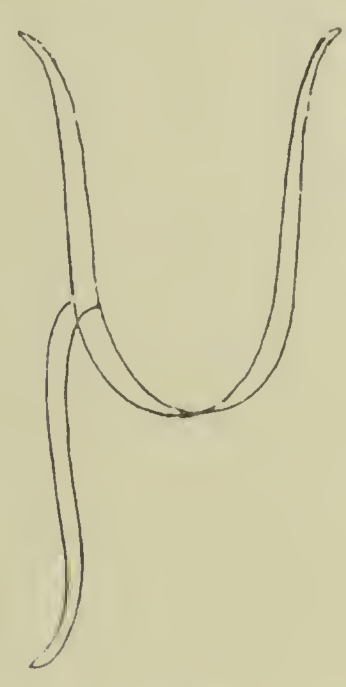
Par suite des courbures de la membrane transverse, il est assez dificile de se rendre compte de la direction d'une cloison qui s'attachera sur cette membrane ; il ne faut pas oublier non plus que l'ensemble de ces lames de cellulose se trouve dans une cellule cylindrique. Examinée soigneusement, on voit dans la coupe optique la nouvelle cloison s'attacher à la partie latérale du cylindre de manière à former un angle droit. La ligne oblique dessinée par les auteurs nous représente donc l'attache sur la partie antérieure du cylindre cellulaire (pl. V, fig. 2, 3 et 5).

Il est plus difficile de se rendre compte de la façon dont les deux membranes, celle qui sépare la cellule supérieure et celle qui délimite la cellule latérale, se rencontrent.

En examinant des extrémités jeunes, dans lesquelles la cellule s'est divisée récemment, on verra là aussi la cloison nouvelle couper rectangulairement la

1 Magnus, *loc. cit.*, p. 149.

plus ancienne. Prenons, par exemple, une cellule dans laquelle se soit formée une initiale de rameau; nous apercevrons, en faisant mouvoir la vis de rappel, deux lignes successives. La première constitue l'attache latérale et l'autre nous représente la coupe optique de la cloison. La dernière s'appuie nettement à angle droit sur la partie médiane de la selle. Dans les cellules plus âgées, on peut juger de la forte traction qu'exerce sur la paroi transverse la nouvelle cloison oblique. Cette traction nous explique le changement de forme des cellules des rameaux principaux, lorsqu'elles ont donné naissance aux cellules initiales de rameaux secondaires.


Fig. 27.

Avec des schémas en fil de fer, on reproduira facilement l'aspect pris par la cloison transverse, lorsqu'une cloison latérale vient s'y appuyer. La figure 27 représente un tel schéma. Les lames d'eau de savon se disposent dans ce système, tout à fait comme les lames de cellulose, dans les cellules du *Ballia*.

La membrane en selle étant orientée de la même façon dans les cellules successives qui composent les axes, les ramifications devront toujours être latérales et opposées, car elles ne se forment pas normalement dans une autre partie de la cellule.

Cette espèce n'est donc pas comparable, au point de vue de la ramification, aux autres Floridées, dans lesquelles une portion quelconque de la cellule s'isole par une cloison et constitue un rameau.

Les autres Algues, rangées dans le même genre, ne montrent rien de semblable; les cellules des axes principaux se divisent par des cloisons planes, perpendiculaires à l'axe du filament. Quand des rameaux prennent naissance, ils ont pour origine un renflement latéral; ils se séparent de l'axe par une membrane dont la courbure en verre de montre est des plus accusée. Ces cloisons sont tout à fait comparables à celles que nous avons décrites dans la formation des rameaux du *Ptilota*.

Cette membrane en selle si curieuse, parait se présenter uniquement chez le *Ballia callitricha*.

PHANÉROGAMES.

Feuilles et stomates.

(Pl. V, fig. 8-32.)

Si, dans les tissus des végétaux inférieurs, on rencontre beaucoup de cloisons qui paraissent ne pas satisfaire aux principes régissant l'équilibre des lames liquides minces, nous trouvons, mais plus rarement, des aspects analogues dans les tissus des phanérogames. Ici, comme pour les membranes déjà examinées, les exceptions ne sont qu'apparentes.

Lorsque l'on considère les épidermes adultes de certaines feuilles et leurs stomates adultes, on y trouve des membranes ne satisfaisant nullement à la règle de l'attache rectangulaire. Mais avant de pouvoir d'un simple examen de tissus déduire que le principe ne s'applique pas, il faudra rechercher si à l'état jeune, lors de la formation de ces cellules, les membranes ne se coupaient pas rectangulairement; en d'autres termes, si les cloisons sinueuses, à attaches si variables, ne sont pas dues à des modifications ultérieures.

Il suffit, pour ce qui regarde l'épiderme des feuilles, de l'examiner dans son jeune âge, quand les cellules n'ont pas acquis encore leur forme définitive, pour se convaincre qu'au moment de leur apparition les cloisons suivent la règle émise par Sachs.

Pour les stomates, il pourrait rester quelques doutes, car la plupart des dessins qui nous représentent la série des stades par lesquels passent leurs cellules ne nous montrent pas des cloisons en concordance parfaite avec la règle de Sachs.

Nous allons examiner successivement et rapidement la formation des stomates dans quelques épidermes, et nous trouverons ici encore l'application du même principe.

Parmi les cellules stomatiques paraissant faire exception au principe de la section orthogonale, il faut citer celles des *Crassulacées*. Dans les figures

de Strasburger [1] et de Sachs [2], les différentes phases de la transformation des cellules épidermiques en stomates sont représentées.

Un de ces stomates, arrivé à son complet développement, se trouve généralement situé vers le centre d'une cellule épidermique, rattaché aux parois de celle-ci par des cloisons dont le raccordement se fait sous des angles très différents de 90°.

Les *Sedum*, les *Sempervivum* montrent assez facilement les stades successifs de la constitution des stomates. Dans ces deux genres voisins, le mode de formation est à peu près le même. C'est chez les *Sedum* à larges feuilles que l'on peut le mieux observer tous les changements que subissent les cellules, avant d'arriver à l'état définitif de stomates. Les *Sedum Fabaria* et *Spurium* et le *Sempervivum fimbriatum* conviennent très bien pour cette étude.

L'épiderme des feuilles déjà relativement développé des deux premières plantes présente souvent côte à côte des cellules encore dans les premiers stades de division, en vue de former des stomates, et ceux-ci déjà développés. Dans une cellule quelconque de l'épiderme apparaît une cloison courbée en verre de montre. Cette membrane s'attache à deux des parois de la cellule (en coupe optique) de manière à séparer un coin; à l'intérieur de la nouvelle cellule ainsi formée, et perpendiculairement à la cloison ancienne et à celle en verre de montre, prend naissance une membrane également courbée. Entre les deux cloisons les plus récentes, qui forment entre elles un angle à côtés concaves (toujours en coupe optique) vers l'intérieur, naît une troisième lame de cellulose qui, elle aussi, suit les règles de l'attache rectangulaire. Elle doit donc être courbée et présenter sa concavité vers l'angle formé par les deux cloisons antérieures. Les trois cloisons successives ont eu donc pour effet de délimiter une cellule triangulaire curviligne dont les trois angles ont 90° (pl. V, fig. 19).

Ce qui pourrait faire croire à une attache sous un angle différent, c'est que, déjà avant la genèse de la troisième membrane, les deux cloisons pré-

[1] Strasburger, *Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen* in *Pringsh. Jahrb.*, t. V, p. 297, pl. XXXV-XLII.

[2] Sachs, *Vorlesungen uber Pflanzenphysiologie*. Leipzig, 1882, p. 141, fig. 120-121.

cédentes subissent parfois une déformation par suite d'une pression interne. La membrane de la cellule épidermique primitive s'est incurvée vers l'extérieur, entre les points où s'attachent les deux cloisons secondaires; une courbure analogue s'est produite dans celles-ci, à partir du point où elles se rencontrent.

Le tronçon de membrane qui dépasse la cellule triangulaire n'a pas subi de courbure, mais a opéré une traction sur la paroi contre laquelle il s'attachait, et a par conséquent fait varier son angle d'insertion.

C'est dans la cellule triangulaire curviligne, qui s'est arrondie par suite d'une pression interne très manifeste, que va se former le stomate proprement dit. Il suffit, à cet effet, qu'une cloison divise cette cellule en deux. Mais pour pouvoir s'attacher dans les règles, la cloison ne pourra pas être plane, aussi voyons-nous y apparaître des courbures; celles-ci n'ont d'autre but que d'amener une attache rectangulaire. Une fois cette cloison formée, une tension interne fait prendre aux deux nouvelles cellules leur aspect réniforme si particulier, commun à presque tous les stomates.

Il faut considérer ces changements dans la courbure des cloisons comme dus à une pression interne plus forte dans les cellules mères des stomates que dans leurs voisines, car aucune autre cause ne semble pouvoir être admise dans ce cas. Si l'on supposait, en effet, cette augmentation de courbure due à une traction de la jeune membrane sur son aînée, la courbure devrait être de même intensité à l'intérieur et l'extérieur de la cellule mère des stomates; or, cette égalité de courbure ne se remarque pas. C'est dans l'intérieur de la cellule que la courbure la plus forte se manifeste; cette même cellule tendra donc à s'arrondir de plus en plus, c'est-à-dire à acquérir le plus grand volume sous la plus petite surface.

Dans les poils qui couvrent les feuilles de quelques *Sempervivum*, s'observent assez souvent des cloisons qu'on pourrait croire obliques. Ces poils naissent d'une cellule épidermique, multiplient rapidement le nombre de leurs cellules et sont, à l'état adulte, constitués sur toute leur longueur par une double file cellulaire. Leurs extrémités plus ou moins capitées présentent parfois aussi des cloisons à aspect oblique, mais elles sont plus ou moins courbées en S et s'attachent sur tout leur pourtour à angle droit.

Je n'ai pu suivre la division de ces cellules, et je ne puis donc affirmer que les cloisons présentent, lors de leur naissance, cette double courbure; mais, d'après ce que j'ai vu, il paraît probable que lors de leur genèse, l'attache était rectangulaire.

Il sera inutile de décrire la formation des stomates dans les épidermes des feuilles de *Sempervivum;* nous y retrouverions d'ailleurs les mêmes stades. Quelques dessins suffiront à faire comprendre la façon dont les membranes suivent la règle de Sachs (pl. V, fig. 21-26).

Pour d'autres stomates, ceux des plantes de la famille des *Commélynacées,* par exemple, les phases sont un peu différentes, mais la même règle s'applique néanmoins. Le *Tradescantia virginica*, étudié à ce point de vue, montre des stades analogues à ceux que Strasburger a observé chez le *Commelyna vulgaris* et chez le *Tradescantia zebrina* [1].

Dans une cellule quelconque de l'épiderme prend naissance une cloison à attache très régulièrement rectangulaire. Mais, petit à petit, la cellule change de forme et acquiert celle d'un rectangle à côtés convexes. A l'intérieur des deux cellules situées à droite et à gauche lorsque l'on considère le grand axe du rectangle, apparaissent deux nouvelles cloisons convexes attachées rectangulairement sur les membranes anciennes. Fort peu de temps après leur genèse, les angles d'attache se modifient; les cloisons sur lesquelles elles s'appliquent subissent une traction de la part des membranes jeunes. Dans les cellules supérieures et inférieures peuvent aussi se former des cloisons courbes; elles s'attachent alors suivant la règle de Sachs; mais il n'est pas néce. saire, pour la formation d'un stomate, que ces dernières membranes prennent naissance.

Les cellules accessoires constituées, la cellule rectangulaire se gonfle par suite d'une pression interne et se divise en deux par une cloison perpendiculaire à sa base. Les deux nouvelles cellules deviennent réniformes et, en augmentant de volume, elles tirent sur les cloisons cellulaires voisines dont la direction primitive change ainsi complètement (pl. V, fig. 15). On voit fréquemment encore dans les cellules accessoires, longtemps après l'achève-

[1] STRASBURGER, *Spaltöffn.*, loc. cit., pl. XLII, fig. 146-155.

ment définitif du stomate, des attaches rectangulaires; les membranes possèdent alors une double courbure en S assez manifeste. Dans ce cas, ce n'est plus l'équilibre d'une lame liquide mince qui force cette attache à être à angle droit; c'est sans doute une tension, suite de la turgescence, et l'égalité des pressions osmotiques sur ses deux faces, qui font prendre à la cloison cette double courbure et sa disposition perpendiculaire.

Dans bien d'autres plantes, la formation des stomates est loin d'être aussi compliquée. Prenons, par exemple, le stomate des *Iris*, des *Funkia* : nous verrons une cellule quelconque de l'épiderme embryonnaire se diviser par une cloison perpendiculaire à son axe, dirigée en général dans le sens de la longueur de la feuille; cette cellule donne ainsi naissance au stomate. Ici l'on n'a pas de difficulté à s'assurer que la loi de la section rectangulaire est respectée [1].

Dans les divisions cellulaires chez les végétaux supérieurs, là où l'on peut facilement voir un phragmoplaste, corps lenticulaire formateur de la membrane cellulaire, nous devons admettre, comme nous l'avons vu au commencement de cet exposé, que la forme même de ce système fibrillaire doit être d'un grand avantage pour l'attache rectangulaire de la membrane, et qu'elle ne permettrait pas l'attache sous un autre angle.

Quand on examine les cloisons cellulaires récemment formées dans des ovules, soit à l'intérieur du nucelle, soit dans les tissus des téguments environnants, on trouve des membranes courbées. Ces cloisons présentent des attaches orthogonales.

Il était assez intéressant de voir comment se formait la membrane dans ces cas, et si dès son apparition la courbure et l'attache à angle droit exigée par le principe de Sachs existaient. De semblables cloisons ne se constituent, en général, que dans des cellules petites, dont les parois, au lieu d'être plus ou moins parallèles, sont convergentes; le phragmoplaste occupe alors toute la largeur de la cellule. Il ne peut donc pas voyager; aussi déjà au stade de fuseau, la membrane naissante se courbe-t-elle de façon à permettre une attache rectangulaire.

[1] Strasburger, *Spaltöfn.*, loc. cit., pl. XXXV, fig. 1-10.

Une telle formation peut s'observer dans les ovules bien fixés des *Fritillaria*, des *Tulipa*.

On trouve cependant dans les mêmes ovaires des cloisons, même récentes, qui sont indiscutablement obliques ; je n'ai pu les voir se constituer. Ces modifications sont peut-être dues à des pressions internes ultérieures à la formation de la membrane, ou résultant de la fixation. Un argument ne peut être tiré de ces cas contre l'application très générale du principe de la section rectangulaire.

Dans bien d'autres tissus encore se rencontrent des membranes à attaches d'apparence obliques. Les poils des *Pelargonium* (*P. zonale* et ses var.) possèdent des cloisons qui nous semblent obliques à première vue. Toutes les membranes qui rendent ces poils pluricellulaires ne sont cependant pas obliques; ces dernières sont même exceptionnelles; aussi n'ai-je pu suivre sous le microscope la formation d'une de ces lames, et je ne puis dire si, lors de leur genèse, elles ne sont pas planes. L'obliquité provient peut-être d'une croissance inégale des parois du poil. Toujours est-il que les membranes qui coupent les poils en biais, ne constituent en aucune manière une exception aux règles de la section rectangulaire; elles présentent une double courbure. Celle-ci est loin d'être aussi manifeste que dans les cloisons des rhizoïdes des Mousses et dans ceux des Characées, mais elle se présente néanmoins d'une façon très nette.

Les cloisons étudiées précédemment, qui paraissaient autant d'exceptions aux lois de l'équilibre des lames liquides minces, rentrent donc, en réalité, dans les règles générales, comme nous l'avons vu. Au lieu d'être planes, elles présentent des courbures: l'attache à angle droit, et la courbure moyenne constante sont ainsi rendues possibles.

Quant aux cloisons des cellules terminales des jeunes prothalles de Fougère et des Hépatiques, je n'ai pas eu l'occasion de les étudier suffisamment pour pouvoir certifier qu'elles constituent des exceptions.

Des tensions de valeurs très inégales doivent d'ailleurs exister dans les cloisons qui constituent la charpente cellulaire de ces tissus; ces forces

s'exercent simultanément et donnent peut-être lieu à des angles de valeur inégale. C'est aussi par des différences de rigidité que Leitgeb explique ces variations d'angles; il dit, en effet : « Es wird uns dies begreiflich, wenn wir bedenken dass in diesen Fällen die mechanische Festigkeit nicht in Betracht kommt, dort nicht (Sporogones), weil ja kein Dauergewebe gebildet werden soll, hier nicht (points végétatifs) weil es sich ja um Bildung der Scheitelzelle handelt [1] ».

Si des tensions inégales existent, il en résultera des tractions; il ne se formera pas d'angles droits ou d'angles de 120°, mais des angles plus grands ou plus petits, suivant les portions de membranes considérées.

Par quelques exemples théoriques qui m'ont été communiqués par le professeur Errera, on pourra se rendre compte de ces variations.

Considérons d'abord les cas où la tension de T' égale celle de T''.

Si nous prenons $T' = T''$ beaucoup $> t$, les angles auront sensiblement 90° et la ligne t sera perpendiculaire à $T'\,T''$, c'est-à-dire qu'il y aura d'un côté $a = 90° + b = 90'$, et de l'autre côté 180° (fig. 28, I).

Si $T' = T'' > t$, mais peu plus grand, la lame t exercera une traction appréciable et tendra à former des angles plus grands que ceux de 90°, $a = 100°$, $b = 100°$ par exemple (fig. 28, II).

Si $T' = T'' = t$, les angles seront de 120°, et tous les trois égaux, $a = b = 120°$; les cellules se disposeront comme dans le croquis (fig. 28, III).

Considérons le cas où T' est différent de T''.

$t < T' < T''$, nous aurons ainsi : $a < 90$, $b > 90$ (fig. 28, IV).

Si $T' > T'' > t$, nous trouverons : $a < 90$, $b < 90$ (fig. 28, V).

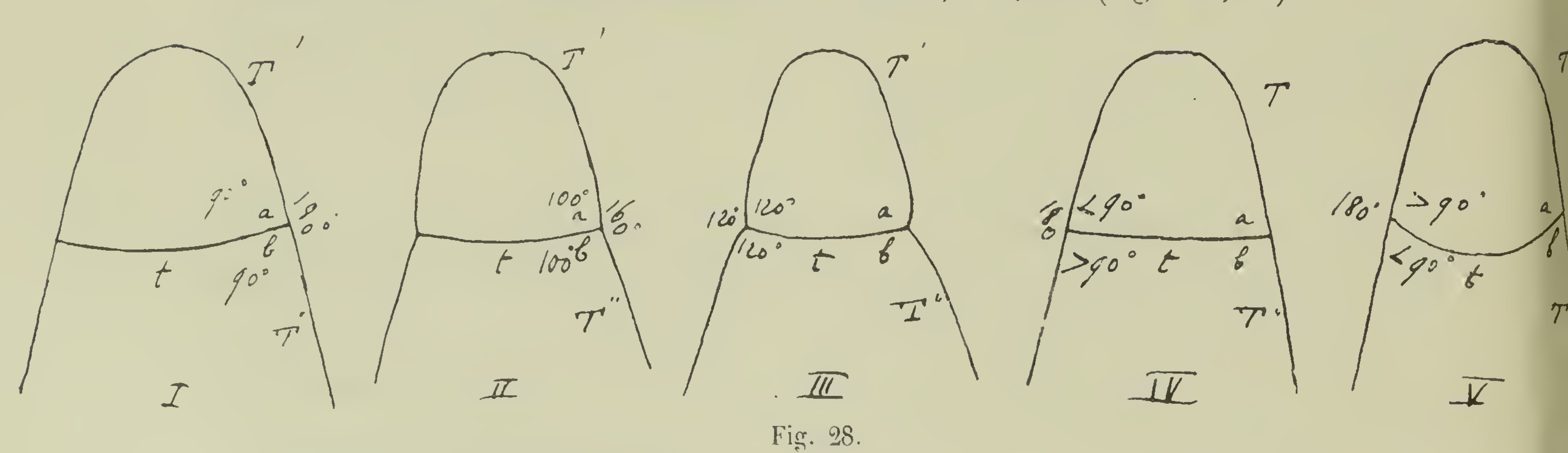


Fig. 28.

[1] Leitgeb, *loc. cit.*, Heft VI, p. 5.

Les variations dans les angles d'attache de ces cloisons peuvent se déduire d'une formule publiée en 1869, par Van der Mensbrugghe [1] et des idées exposées par Errera en 1886 et en 1887.

Il n'est pas impossible que ces angles, théoriquement admissibles, se rencontrent dans la disposition des cloisons cellulaires. Les exceptions à la règle de l'attache rectangulaire pourraient, dès lors, s'expliquer par de telles tractions, la règle de Sachs n'étant, en somme, qu'un cas très fréquent d'une loi plus générale, celle de la tension superficielle.

Quelles sont donc les conclusions générales à tirer de l'exposé qui précède? Tout ce que nous avons dit plus haut tend à faire admettre l'idée émise par le professeur Errera, et entrevue aussi par Berthold, à savoir que *les membranes, lors de leur genèse, sont comparables à des lames liquides minces.*

Par conséquent, les forces moléculaires doivent intervenir, et il faut admettre le principe qui a été formulé par Errera : *Une membrane cellulaire, au moment de sa genèse, tend à prendre la forme que prendrait, dans les mêmes conditions, une lame liquide sans pesanteur.*

Toutes les lois d'agencement des lames minces, telles que Plateau, Van der Mensbrugghe et les physiciens qui se sont occupés des lames liquides, les ont établies, doivent donc s'appliquer, dans une très large mesure, à la constitution des cloisons cellulaires. Des principes d'équilibre des lames liquides, on peut déduire la loi de la section rectangulaire, que Sachs a découverte.

Nous avons vu aussi que les idées de Hofmeister, défendues par Kienitz-Gerloff, sont exactes dans certains cas particuliers, mais que l'on ne peut les ériger en lois.

En faisant intervenir, dans la structure des tissus, les principes de la physique moléculaire, on comprend pourquoi la membrane présente toujours une surface minimum. Ce fait, Berthold l'avait observé, mais il n'avait pu

[1] *Sur la tension superficielle des liquides considérée au point de vue de certains mouvements observés à leur surface* (Acad. roy. de Belgique, *Mém. cour. et mém. des savants étrangers*, t. XXXIV). — Voyez aussi PLATEAU, *loc. cit.*, t. I, pp. 283 et 385.

le rattacher à des considérations générales. Le principe de la surface la plus petite, tel que l'entend cet auteur, n'est pas tout à fait exact, comme nous l'avons vu. La membrane doit constituer une surface minimum relative; elle ne paraît cependant pouvoir excéder une certaine grandeur. Ce dernier fait serait en rapport avec ce qui a été établi par Plateau pour la stabilité des lames liquides minces.

Une assez grande latitude est laissée à la forme que peut revêtir la cloison. Elle se trouvera, en effet, en équilibre stable si la surface présente un minimum relatif, si la courbure moyenne est constante et si la membrane s'attache sur tout son pourtour à angles droits, quand elle s'applique sur des lames devenues rigides. Les cloisons sont-elles de même tension, il se forme des angles de 120°.

Il nous est donc permis de dire : *la charpente cellulaire si variée des végétaux et même des animaux se ramène, dans ses traits essentiels, aux forces de la physique moléculaire.*

Je ne puis terminer cet exposé sans témoigner mes plus vifs remerciements à M. le professeur Errera, dans le laboratoire duquel les recherches nécessitées par ce travail ont été exécutées; c'est grâce aux conseils qu'il n'a cessé de me donner que j'ai pu entreprendre ces études sur l'attache des cloisons.

Bruxelles, Institut botanique,
juin 1892.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche I.

Rhizoïdes des Mousses.

(n = noyau.)

Fig. 1-6. Stades successifs de la division d'un noyau, observés sur le vivant, à une température de 18° centigrades. Les filaments en culture étaient conservés à l'obscurité. (Mars 1891.)

Fig. 1-2. Premiers stades de la division du noyau d'une cellule terminale.

Fig. 1 à 10^h 15^m du matin.
3 à 10^h 35^m —
4 à 10^h 45^m —
5 à 10^h 50^m —
6 à 11^h 00^m —

7-10. Stades de la division d'un noyau et de la formation d'un rameau latéral. (Mars 1891.)

Fig. 7. Aspect du filament à 1^h 50^m.
8. — à 2^h 20^m.
9. — à 2^h 40^m.
10. — à 3^h 00^m.

11-15. Formation d'un rameau latéral.

Fig. 11. Aspect du filament à 2^h 45^m.
12. — à 7^h 45^m.
13. — à 9^h 15^m.
15. — le lendemain matin.

16-21. Formation de rameaux.

Fig. 20. La plaque cellulaire se courbe de manière à suivre la loi de l'attache rectangulaire et à se disposer définitivement comme elle se trouve représentée dans la fig. 21. (Expériences faites à 15°, en mars 1891.)

Fig. 16. Aspect du filament à 8^h 30^m.
17. — à 3^h 20^m.
18. — à 3^h 30^m.
19. — à 3^h 45^m.
20. — à 4^h 00^m.
21. — à 5^h 50^m.

Fig. 22-24. Formation de cloisons transverses planes.

Fig. 22. Aspect du filament à 8^h.
23. — à midi.
24. — le lendemain matin.

25. Une cloison transverse *a* dans un rameau ; elle s'attache entre la paroi externe et contre la paroi transversale d'une cellule. Cette cloison présente une courbure qui permet l'attache rectangulaire.

26. Une membrane transverse récemment formée. On observe encore des fibrilles entre les deux masses nucléaires. Cette cloison divise une cellule qui était limitée par deux membranes en semelle.

27-28. Cloisons à doubles courbures.

29. Cloison vue exactement de profil.

30-32. Croissance terminale d'un rhizoïde.

Fig. 30. Le filament est muni à son extrémité d'une calotte qui, dans la figure 31, s'est déchirée et se voit sous forme d'anneau.

Fig. 30. 23 février 1891 à $1^h 20^m$.
31. 24 — à $8^h 20^m$.
32. 25 — à $8^h 30^m$.

Dans la figure 32, on voit deux cloisons à doubles courbures et à attaches rectangulaires qui se sont formées dans la cellule terminale.

33. La ligne d'attache d'une cloison transverse.

34-35. Différents aspects d'extrémités de rhizoïdes.

36-37. Allongement d'un rhizoïde et diminution d'épaisseur du filament; la membrane épaisse inextensible s'aperçoit sous forme d'un bourrelet, très net surtout dans la figure 37.

38. Quelques cellules d'un rhizoïde; alternativement des cloisons planes et des membranes transverses à double courbure. On peut voir dans la même figure, en *a* et en *b*, l'aspect sous lequel se présentent les cloisons qui séparent les rameaux latéraux.

Planche II.

Polytrichum piliferum.

(Fig. 1-9, 15-16.)

Fig. 1. Cloison à double courbure dans une paraphyse de la fleur mâle.

2-3. Cloisons à doubles courbures, contre lesquelles sont venues s'appliquer de nouvelles membranes transverses; la cellule primitive est ainsi divisée en quatre cellules.

Fig. 4-5. Cloisons à doubles courbures s'appuyant sur la paroi externe de la paraphyse et sur une paroi transverse; la double courbure permet l'attache rectangulaire.

7. Cloison transverse à double courbure.

8-9. Stades ultérieurs à celui représenté dans la figure 3; des cloisonnements intercalaires se sont produits.

15-16. Bords de feuilles du périchèze; cloisons d'aspect oblique, mais toutes à attaches rectangulaires, comme le montrent les figures.

Pellia calycina.

(Fig. 10-14.)

Fig. 10-11. Spores ne présentant que peu de cloisons et n'ayant pas encore formé de rhizoïdes. On voit très bien la courbure des cloisons supérieures et inférieures, courbure qui permet une attache rectangulaire.

12. Spore plus avancée; vers le haut se trouve la cellule qui doit former le rhizoïde, vers le bas celle qui donnera le point végétatif.

13. Une spore ayant déjà formé un rhizoïde.

14. Une extrémité de rhizoïde montrant le protoplasme et le noyau. Coloration par la picronigrosine.

Characées.

(Fig. 17-33.)

Fig. 17. Noyau d'un rhizoïde de *Chara fœtida*.

18-19. Membrane à doubles courbures, formée à l'intérieur d'un rhizoïde de *Chara fœtida*.

20-21. Vues de face et de profil d'un des premiers stades de la formation des rameaux dans les rhizoïdes de la même plante.

22. Division du noyau. On voit très bien les faisceaux de fibrilles achromatiques qui réunissent les deux noyaux filles (coloration au vert de méthyle). Il y a deux phases de division situées dans deux plans différents.

23. Une cloison oblique s'est formée dans la partie renflée de la cellule qui doit donner naissance aux ramifications. Cette cloison présente une double courbure et des attaches rectangulaires.

24. États jeunes des cellules des rameaux latéraux de *Chara fœtida* (carmin).

25. Cellules jeunes des rameaux de *Chara fragilis*, présentant à leur base des cellules plates, qui sont les cellules internodales; leurs noyaux sont déjà en voie de dégénérescence.

26. Aspect de ces mêmes cellules dans le *Chara fœtida* (plus fort grossissement).

27. Extrémité d'un rameau de *Chara fœtida* montrant différents aspects de noyaux dégénérés.

Fig. 28. Cellule terminale de *Chara fœtida* (carmin), on retrouve la courbure qui permet à la cloison de s'attacher à angle droit contre la paroi du filament.

29. Rameau avec des cellules dans lesquelles se sont formées les cloisons transversales, séparant les cellules internodales des cellules nodales.

30 Fragment d'un rameau de *Chara*, montrant l'aspect des cellules nodales et internodales; les cellules nodales sont déjà divisées.

31. Cellules nodales et internodales. Les cellules nodales sont divisées. La cellule internodale présente à son pourtour un épaississement interne de cellulose; elle commence à se renfler en lentille.

32. Stade plus avancé. Coupe optique du filament.

33. Vue superficielle, se rapportant à un stade analogue à celui représenté figure 32.

Ectocarpus.

(Fig. 34-39.)

Fig. 34. Fragment de thalle d'*Ectocarpus* montrant en *a* et en *b* des cloisons courbes, mais à attaches rectangulaires.

35-39. Différents aspects sous lesquels se présente la formation des rameaux.

Fucus platycarpus.

(Fig. 40-44.)

Fig. 40-44. Paraphyses des conceptacles; aspects sous lesquels se présentent les membranes à double courbure. Les cloisons de la figure 42 montrent nettement la double courbure qui permet l'attache rectangulaire.

Fig. 45. Paraphyses du *Polytrichum piliferum;* plusieurs cloisons dirigées différemment, mais toutes présentent des attaches rectangulaires.

Planche III.

Sphacelaria.

(Fig. 1-14.)

(Dans plusieurs dessins les détails du contenu cellulaire, le double contour de la membrane, n'ont pas été figurés, pour simplifier les figures.)

Fig. 1. Cellule terminale de *Sphacelaria* avec un noyau unique disposé dans le sens de la longueur de la cellule. Aux deux pôles du noyau, il y a accumulation de protoplasme.

2. Cellule sous-terminale avec un noyau.

3. Cellule sous-terminale, dans laquelle la division nucléaire est terminée. Il n'y a pas encore trace de plaque de cellulose.

Fig. 4. Cellule terminale d'un rameau latéral; il s'est formé en son intérieur une cloison fortement convexe du côté interne de la cellule primitive. Cette cloison, grâce à sa courbure, s'attache à angle droit.

5. Cellule terminale d'un rameau latéral. Il y a deux noyaux; il se formera une cloison transversale.

6. Cette figure rappelle la précédente; à la base se sont différenciées deux cellules. La terminale renferme encore deux noyaux.

7. Cellule initiale de rameau, séparée de la cellule terminale et déjà rejetée sur le côté.

8. Cellule terminale; la division nucléaire en vue de former une cellule initiale de rameau est terminée; le noyau s'est disposé sur le côté. La cloison séparatrice n'est pas encore apparue.

9. Division du noyau et formation de la cloison cellulaire.

10. Rameau principal et rameau secondaire.

11. Extrémité d'un filament; la cellule initiale d'un rameau est constituée.

12-13. Extrémités de thalles avec les cellules initiales de rameaux à différents stades de développement.

14. Cellules du thalle, montrant des cloisons à doubles courbures.

Halopteris filicina.

(Fig. 15-19.)

Fig. 15. Extrémité d'un rameau principal avec un rameau latéral.

16. Cellule latérale d'un rameau divisée par une cloison courbe à attaches rectangulaires.

17-18. Différents aspects présentés par des cloisons se formant dans le thalle.

19. Cellule terminale d'un rameau principal.

20. Cellules du thalle de *Sphacelaria*, présentant des cloisons à doubles courbures.

21. Extrémité du thalle de *Cladostephus verticillatus*, dont les rameaux principaux se cloisonnent uniquement par des membranes transverses planes.

22-26. Différents stades de la division nucléaire chez les *Sphacelaria*.

22. L'enveloppe du noyau est conservée; en son intérieur on voit apparaître un fuseau qui possède en son équateur des masses chromatiques, colorables.

23. Le fuseau s'allonge; aux pôles l'enveloppe nucléaire est trouée.

24. L'enveloppe nucléaire a disparu; le fuseau est complètement libéré.

25. Rassemblement aux deux pôles des éléments chromatiques; entre eux se voit très bien un fuseau formé de fibrilles achromatiques.

26. La chromatine est agglomérée en deux masses elliptiques encore réunies par un fuseau de fibrilles.

Dans ces figures, on remarque toujours aux pôles du fuseau des amas de protoplasme très dense.

Planche IV.

Cladostephus verticillatus.

(Fig. 1-4.)

Fig. 1. Extrémité d'un rameau latéral, séparation de la cellule initiale d'un rameau secondaire.

2-4. Stades successifs de la formation de ces rameaux.

Chaetopteris plumosa.

(Fig. 5-15.)

Fig. 5. Cloison courbée, formée à la base d'un rameau.

6. Extrémité d'un rameau principal avec un rameau latéral.

7-8. Stades successifs de la formation de rameaux aux dépens de la cellule terminale.

9. Cellule terminale de rameau secondaire de *Sphacelaria*, dans lequel la formation de branches latérales a cessé.

10. Rameau principal et rameau latéral; les cellules terminales sont divisées par une cloison en verre de montre à attache rectangulaire.

11-15. Cas exceptionnels de division; les cloisons sont toujours disposées de façon à former en leurs points d'attaches des angles droits.

Dictyota dichotoma.

(Fig. 16-23.)

Fig. 16-17. Cellules de l'intérieur du thalle montrant des cloisons à double courbure et à attache rectangulaire. Dans la figure 16, en *a*, on voit très bien la traction exercée sur la paroi par la cloison transverse.

18. Cellule terminale double prise dans un thalle privé de son contenu par un séjour dans l'eau de javelle.

19. Cellule terminale double; dans chacune de ses parties s'est formée une cellule en forme de calotte. La paroi est appliquée à angle droit sur la membrane externe.

20. Deux points végétatifs voisins dans un même thalle.

21. Cellule terminale montrant la coupe optique de la cellule et la ligne d'attache de la membrane de celle-ci contre la paroi externe (ligne pointillée).

22-23. Cellules terminales de différentes formes.

Taonia atomaria.

(Fig. 24-27; 30-35.)

Fig. 24-27. Différentes cloisons courbes, mais à attaches rectangulaires (cellules de l'intérieur du thalle).

28-29. Cloisons courbes à l'intérieur du thalle de *Dictyopteris polypodioïdes*.

30. Cellules de bordure du thalle de *Taonia ;* les cloisons sont planes et transversales.

31-32. Cellules de bordure dans lesquelles se sont constituées des cloisons à une courbure; en *a* se trouvent les attaches rectangulaires.

33. Fragment du bord d'un thalle, montrant l'agencement des cellules.

34. Une des dentelures du bord du thalle avec des cloisons courbes, mais disposées rectangulairement.

35. Vue d'ensemble d'un fragment plus considérable de la bordure du thalle; les courbures des cloisons jeunes amènent toujours une attache orthogonale.

Nitophyllum punctatum.

(Fig. 36-46.)

Fig 36-40. Cellules terminales, situées dans la bordure du thalle. Dessins obtenus après l'action de l'eau de javelle sur le contenu cellulaire.

41-46. Cellules terminales. Dessins obtenus d'après des échantillons conservés dans l'alcool.

Les figures 45-46 correspondent aux figures 38-40.

Planche V.

Ballia callitricha.

(Fig. 1-7.)

Fig. 1. Extrémité d'un rameau montrant une cloison plane et deux cloisons en selle.

2-3. Extrémité d'un rameau. Une cloison en selle contre laquelle est venue s'appliquer une cloison à double courbure; celle-ci sépare une cellule initiale de rameau.

4. Une cloison en selle vue à un plus fort grossissement.

5. Une cloison en selle contre laquelle sont venues s'appuyer deux membranes à doubles courbures; elles séparent ainsi à droite et à gauche une cellule initiale de rameau.

6. Extrémité d'un rameau latéral.

7. Un rameau dont la croissance latérale est terminée. Vers le bas on peut voir les changements imprimés à la cloison en selle par le développement des rameaux latéraux.

Tradescantia virginica.

FORMATION DES STOMATES.

(Fig. 8-15.)

Fig. 8. Premier état de la cellule mère du stomate; la cloison qui la sépare est courbe et à attaches rectangulaires.

9. État ultérieur; la cellule devient rectangulaire.

10. A gauche et à droite apparaissent des cloisons bombées, s'appuyant à angles droits sur les membranes plus anciennes.

11. Variation dans les angles par suite de la traction.

12. Apparition de nouvelles cloisons; les angles nouveaux mesurent 90°.

13-15. Aspects successifs d'une cellule stomatique et de ses cellules annexes avant d'arriver au complet développement.

Sedum fabarla.

FORMATION DES STOMATES.

(Fig. 16-26.)

Fig. 16. Premier état de la cellule mère.

17-19. Un état ultérieur; deux cas différents.

20. Un stomate presque adulte; on peut observer les tractions subies par les membranes cellulaires anciennes.

Sempervivum fimbriatum.

FORMATION DES STOMATES.

(Fig. 21-26.)

Fig. 21-25. Différents stades de cette formation.

26. La cellule mère des stomates est divisée en deux par une membrane courbe qui s'attache cependant rectangulairement.

Sedum spurium.

FORMATION DES STOMATES.

(Fig. 27-33.)

Fig. 27-32. Différents stades de cette formation.

Les figures 25, 26, 27 et 32 font voir surtout nettement la traction énergique exercée par les jeunes cloisons sur les membranes plus anciennes.

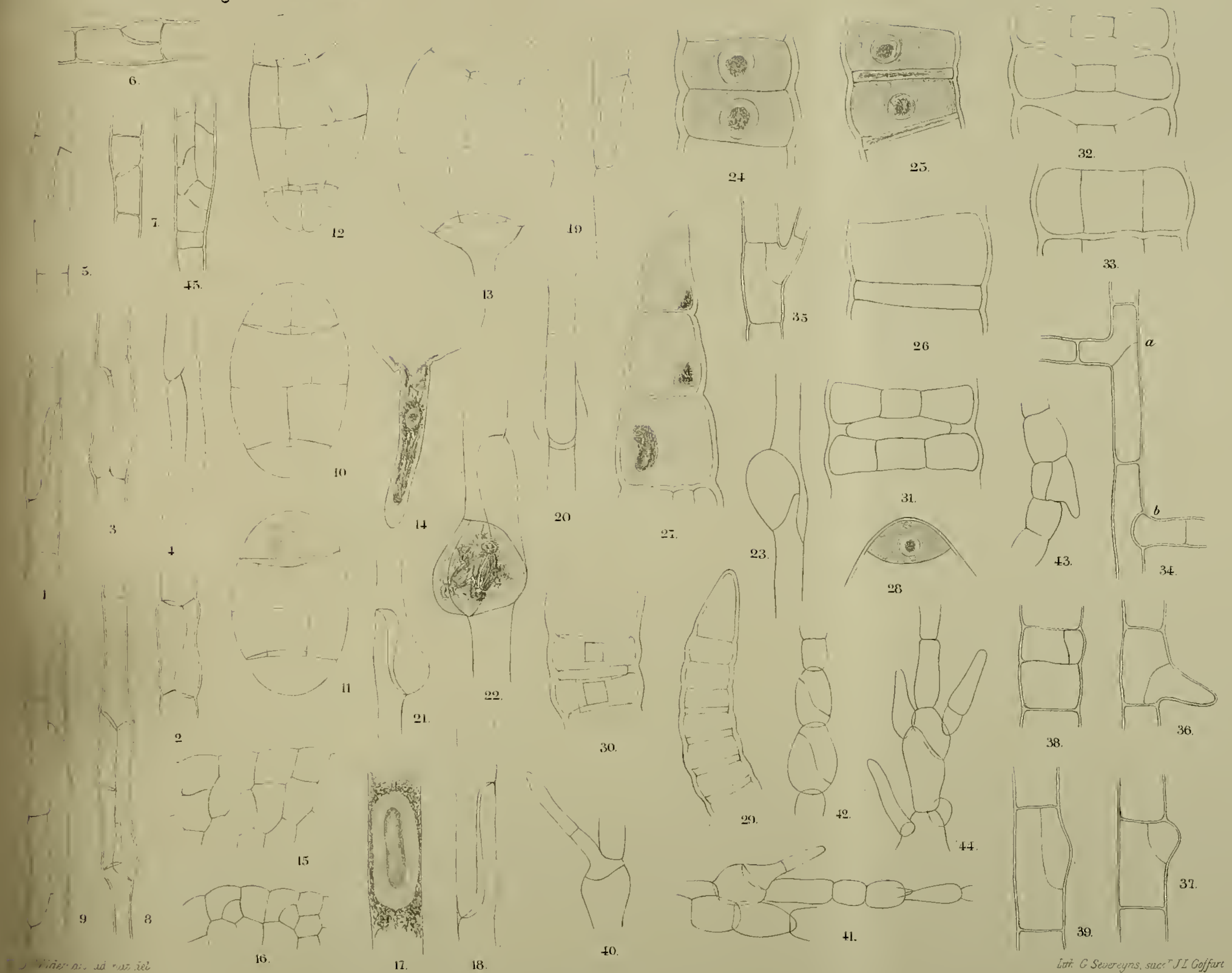
Ptilota elegans.

Fig. 33. Extrémité d'un rameau; la séparation des cellules initiales de rameau s'est faite par des cloisons courbes, mais à attaches rectangulaires.



Lith. G. Severeyns, succ^r J.L. Goffart

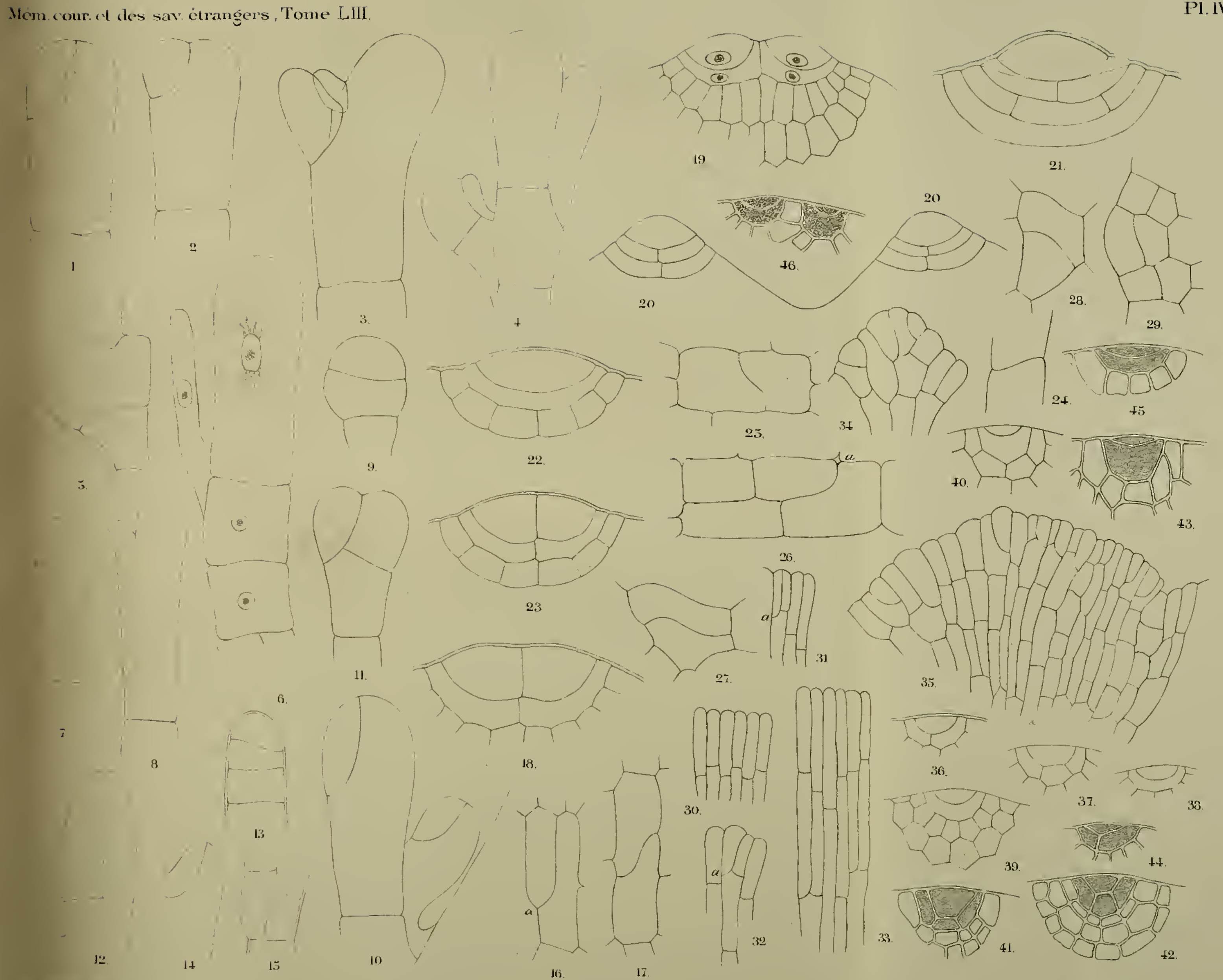

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.



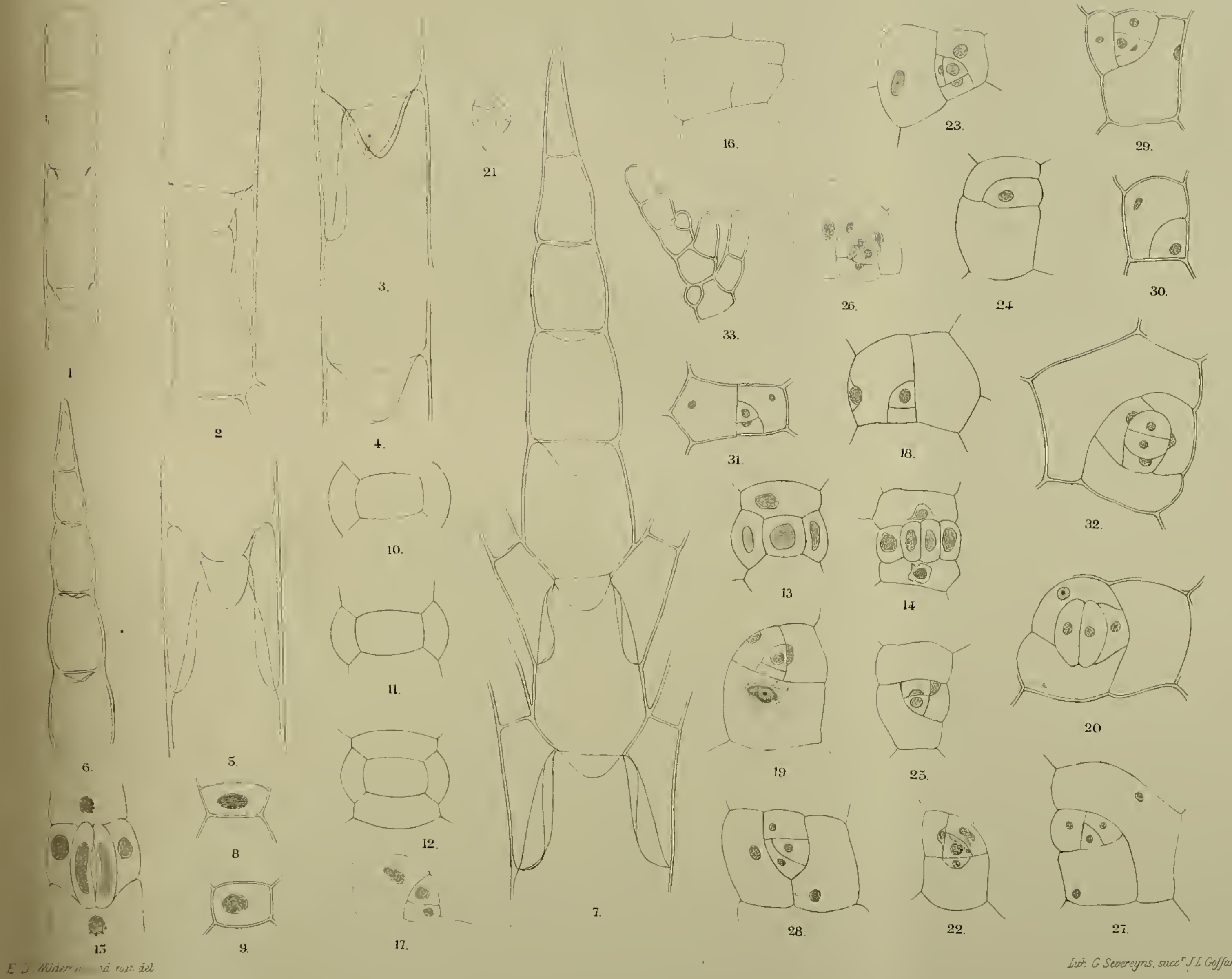
Lith. G. Severeyns, succʳ J.L. Goffart



Lith. G. Severeyns, suc.r J.L. Goffart



Lith. G. Severeyns, succ.r J.L. Goffart



E. J. Widemann ad nat. del.

Lith. G. Severeyns, succ.r J. L. Goffart


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

DES POLYÈDRES

QUI PEUVENT OCCUPER DANS L'ESPACE

PLUSIEURS POSITIONS IDENTIQUES EN APPARENCE

PAR

G. CESÀRO

CHARGÉ DU COURS DE MINÉRALOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LIÉGE

(Présenté à la Classe des sciences, dans la séance du 3 décembre 1892.)

INTRODUCTION

Brâvais, dans son mémoire *Sur les polyèdres de forme symétrique* (Journ. de Liouville, t. XIV, 1849, pp. 141 à 180), a cherché tous les polyèdres possédant des éléments de symétrie : *centre, axes* et *plans de symétrie.* On admet implicitement dans ce mémoire qu'un polyèdre n'est superposable à son image que s'il est centré ou s'il possède un plan de symétrie. Nous avons montré (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique,* 3e série, t. XXII, nos 9, 10, 1891, p. 226) que la définition de la symétrie adoptée par Bravais n'était pas suffisamment générale ; car, si l'on prend pour élément de symétrie le centre ou les plans de symétrie dont la présence amène le polyèdre à être superposable à son image, il n'y a pas de raison pour ne pas appeler élément de symétrie tout autre élément donnant au polyèdre la même propriété. Dans le mémoire cité ci-dessus, nous avons démontré qu'il existait trois catégories de polyèdres superposables à leur image. Nous avons appelé *élément* ou *axe de symétrie* d'un polyèdre une droite autour de laquelle, en tournant, celui-ci peut venir en coïncidence *avec lui-même* (autrement que par un tour complet) ou avec son inverse ; la symétrie est dite *directe* dans le premier cas, *inverse* dans le second. Dans un autre travail nous étudierons les *polyèdres possédant des éléments de symétrie inverse ;* nous y examinerons notamment un point non encore traité : existe-t-il des polyèdres possédant plusieurs axes multiples de symétrie inverse, sans posséder de centre ni de plans de symétrie ?

Dans le présent mémoire nous nous occuperons des *polyèdres possédant des éléments de symétrie directe.* La marche suivie par Bravais pour démon-

trer que les combinaisons dans lesquelles entrent plusieurs axes multiples se réduisent à trois, est très pénible; il ne faut pas moins de vingt théorèmes (pp. 163 à 178) pour arriver à ce point. Quelques auteurs ont essayé de simplifier la méthode de Bravais; mais les démonstrations proposées ne sont pas rigoureuses pour les deux raisons qui suivent :

1° On admet implicitement que dans un polyèdre les axes multiples de même ordre sont de même espèce; 2° lorsque, par certaines constructions, on est parvenu, en partant de certains axes, à en trouver d'autres, on ne démontre pas que par les constructions employées on a obtenu tous les axes du système.

Nous venons de trouver une marche excessivement simple; par elle on arrive, à l'aide de quelques calculs absolument élémentaires, à obtenir tous les polyèdres qui possèdent des éléments de symétrie directe. En voici le principe :

Un polyèdre qui possède des éléments de symétrie directe est un *polyèdre qui peut occuper dans l'espace plusieurs positions identiques en apparence à celle qu'il y occupe actuellement :* ainsi, si l'on solidifie par la pensée l'espace qui environne un cube, il est facile de voir que l'on peut introduire le cube dans le moule ainsi formé de *24* façons différentes, tandis qu'un prisme droit à base carrée ne peut occuper que *8* positions distinctes, et un parallélipipède rectangle, *4*. Ce nombre de *positions identiques en apparence* peut être calculé par deux méthodes différentes, et c'est en égalant les deux expressions obtenues que l'on arrive à la relation de laquelle on déduit les différentes classes de polyèdres possédant des éléments de symétrie directe.

Première méthode. — Il existe dans le polyèdre plusieurs axes de symétrie identiques, non seulement de même ordre, mais aussi de même espèce (un axe pouvant être d'espèces différentes à ses extrémités, comme la hauteur d'un tétraèdre régulier). Après avoir moulé la partie du polyèdre où aboutit l'extrémité d'un axe de symétrie d'ordre n, d'une certaine espèce, on fera occuper dans ce moule, au polyèdre, les n positions possibles; puis, après

avoir extrait le polyèdre, on introduira dans le moule l'extrémité d'un axe de même espèce que le premier; on obtiendra encore n positions distinctes, mais identiques en apparence, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait employé tous les axes de même espèce, mais seulement ceux-ci.

Seconde méthode. — En partant de la position initiale, on fera tourner le polyèdre autour d'un axe de symétrie d'ordre n, d'angles successifs égaux à $\frac{2\pi}{n}$; à chaque rotation on obtiendra une nouvelle position identique en apparence à la position initiale; lorsqu'on sera revenu à celle-ci, on fera tourner le polyèdre autour d'un autre axe de symétrie, et ainsi de suite, jusqu'à ce que tous les axes aient été employés.

L'expression obtenue, égalée à celle donnée par la première méthode exposée ci-dessus, donne une relation entre le nombre d'axes, le nombre d'ordres et le nombre d'espèces. De cette équation, on tire immédiatement :

1° *Il ne peut exister dans un polyèdre que tout au plus deux espèces d'axes du même ordre, sauf pour les axes binaires, pour lesquels ce nombre peut monter à trois.*

2° *Un polyèdre ne peut posséder plus de trois ordres d'axes.*

3° *Il n'y a que six combinaisons d'axes possibles dans les polyèdres pouvant occuper plusieurs positions identiques en apparence : deux de ces combinaisons ont des axes de trois ordres différents, deux ont des axes de deux ordres, deux enfin n'ont qu'un seul ordre d'axes.*

Dans la première méthode employée pour calculer le nombre de positions identiques en apparence qu'un polyèdre peut occuper dans l'espace, nous ne nous sommes servi que d'une seule espèce d'axes, et, s'il y avait N axes d'ordre n, *de même espèce*, le nombre demandé était Nn; mais nous serions arrivé au même résultat en employant les P axes d'ordre p, *de même espèce*, de sorte que $Nn = Pp =$ etc. Ainsi :

4° *Si dans un polyèdre on multiplie le nombre d'axes d'une certaine espèce par l'ordre de ces axes, le nombre obtenu est constant et égale le*

nombre de positions identiques en apparence que le polyèdre peut occuper dans l'espace.

Ainsi, par exemple, la combinaison d'axes du cube est : $6\lambda^4$, $8\lambda^3$, $12\lambda^2$, et l'on a : $6.4 = 8.3 = 12.2 = 24$; dans le tétraèdre régulier, la combinaison axiale est : $6\lambda^2$, $4\lambda^3$, $4\lambda'^3$, et $6.2 = 4.3 = 12$, qui est le nombre de positions identiques en apparence qu'un tel polyèdre peut occuper dans l'espace.

Pour que la théorie que nous allons exposer fasse un tout complet, pour qu'elle puisse être lue sans que l'on ait besoin de recourir, pour les notions préliminaires, aux traités de cristallographie, nous avons donné les définitions et quelques théorèmes déjà connus.

Nous avons un peu remanié la démonstration habituelle du théorème VI : *Si un polyèdre possède dans un plan* n *axes binaires en tout, la perpendiculaire à ce plan est un axe de symétrie de l'ordre* n. Habituellement on se contente de démontrer qu'une rotation $\frac{2\pi}{n}$, autour de cette perpendiculaire, restitue les sommets; mais cela prouve seulement que la droite en question est un axe dont l'ordre est n ou *un de ses multiples.* Il est vrai que certains auteurs ajoutent à l'énoncé la phrase écrite ci-dessus en italique; mais, ainsi modifié, l'énoncé ne représente qu'imparfaitement la propriété qu'il s'agit de faire connaître, car il fait penser que la normale au plan des n axes binaires, dans certains cas, est un axe dont l'ordre est un multiple de n tandis que cet ordre est *précisément* n *dans tous les cas;* la démonstration habituelle n'établit pas ce point (*).

(*) Nous ferons la même observation sur un théorème analogue, relatif aux plans de symétrie d'un polyèdre, théorème que l'on énonce ainsi :

Lorsqu'il y a un nombre total q *de plans de symétrie se coupant suivant une droite, cette droite est un axe de symétrie dont l'ordre est* q *ou un de ses multiples.*

En réalité, la droite en question est un axe dont l'ordre est *précisément* q, *dans tous les cas.*

DES POLYÈDRES

QUI PEUVENT OCCUPER DANS L'ESPACE

PLUSIEURS POSITIONS IDENTIQUES EN APPARENCE.

PREMIÈRE PARTIE.

Théorème I. — *Si un polyèdre peut occuper dans l'espace deux positions identiques en apparence, on peut le faire passer de l'une des positions à l'autre par rotation autour d'un axe passant nécessairement par son centre de gravité.*

En effet, si l'on considère deux positions P et P′ d'un polyèdre telles que la position a d'un certain point de P coïncide avec la position a' que ce même point occupe dans P′, on sait que l'on peut amener P en P′ par une rotation effectuée autour d'un axe passant nécessairement par le point aa'. Or, si P et P′ sont deux positions identiques en apparence, le centre de gravité G de P coïncide avec le centre de gravité G′ de P′, de sorte que l'on pourra amener P en P′ par une rotation autour d'un axe passant nécessairement par le point GG′.

Théorème II. — *La rotation ω qui amène un polyèdre d'une position* P *à une autre* P′, *identique en apparence à la primitive, est commensurable avec la circonférence.*

Soit A l'axe autour duquel s'effectue la rotation, a un sommet quelconque de P; en faisant tourner le polyèdre autour de A d'un angle ω, a vient occu-

per une position a', qui est aussi un sommet de P, vu que la nouvelle position P' doit être identique en apparence à P : après une nouvelle rotation ω autour de A, a' vient en a'', point qui aussi doit être un sommet de P, et ainsi de suite. On obtient ainsi une série de sommets a, a', a'', etc., également espacés sur une circonférence ayant son centre sur A et dont le plan est normal à cet axe. Après un certain nombre n de rotations ω, le point a doit revenir à sa position initiale, autrement le nombre de sommets du polyèdre serait infini; il a alors parcouru un certain nombre p de circonférences, et l'on a

$$n\omega = p.2\pi \qquad \text{ou} \qquad \omega = 2\pi\frac{p}{n}.$$

Théorème III. — *Si une rotation* $\omega = 2\pi\frac{p}{n}$, p *et* n *étant des entiers premiers entre eux, amène un polyèdre en une position identique en apparence à la position primitive, une rotation* $\frac{2\pi}{n}$, *autour du même axe, amènera aussi le polyèdre en une position identique en apparence à la position initiale.*

En effet, en développant $\frac{p}{n}$ en fraction continue, puis formant les réduites, on obtiendra comme dernière réduite *identiquement* $\frac{p}{n}$. Soit $\frac{\alpha}{\beta}$ l'avant-dernière réduite; on a

$$\frac{p}{n} - \frac{\alpha}{\beta} = \pm\frac{1}{n\beta},$$

d'où

$$\beta.2\pi\frac{p}{n} - 2\pi\alpha = \pm\frac{2\pi}{n}.$$

Or, vu qu'une rotation $2\pi\frac{p}{n}$ amène le polyèdre en une position identique en apparence à la position initiale, β fois cette rotation amèneront aussi le polyèdre en une position paraissant coïncider avec la primitive, et l'on arrivera à cette dernière position si de $\beta\ 2\pi\frac{p}{n}$ on retranche un certain nombre de circonférences $2\pi\alpha$; donc la rotation $\frac{2\pi}{n}$ amène aussi le polyèdre en une position identique en apparence à la position initiale.

Théorème IV. — *Si* $\frac{2\pi}{n}$ *est la plus petite rotation qui puisse amener, autour d'un certain axe, un polyèdre d'une position à une autre identique en apparence à la primitive, le nombre de positions distinctes, mais identiques en*

apparence, que le polyèdre peut occuper dans l'espace, en tournant autour de cet axe, est n.

En effet, d'abord, d'après le théorème III, la plus petite rotation est nécessairement de la forme $\frac{2\pi}{n}$. Ensuite, supposons, s'il est possible, qu'outre les n positions obtenues par des rotations successives $\frac{2\pi}{n}$ autour de l'axe considéré, il existe une position S intermédiaire, par exemple, entre les positions 3 et 4; on pourrait passer de S en 4 par une rotation plus petite que $\frac{2\pi}{n}$, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc, etc.

Axes de symétrie. — On appelle *axe de symétrie* d'un polyèdre *une droite en tournant autour de laquelle le polyèdre peut venir prendre une position identique en apparence à la position qu'il occupe actuellement dans l'espace.* Lorsque la rotation a amené le polyèdre en sa seconde position, on dit qu'il y a eu *restitution.*

Il suit du théorème I que *les axes de symétrie d'un polyèdre se coupent en un même point, qui est le centre de gravité du polyèdre.*

Ordre d'un axe de symétrie. — D'après le théorème III, parmi les positions identiques en apparence à la primitive que le polyèdre peut occuper, en tournant autour d'un certain axe de symétrie, il y en a au moins une que le polyèdre peut prendre, en tournant d'un angle $\frac{2\pi}{n}$, n étant un entier. Si, parmi les rotations de la forme $\frac{2\pi}{n}$ qui amènent la restitution autour d'un certain axe, on choisit la plus petite, c'est-à-dire celle qui correspond à la plus grande valeur de n, le nombre n ainsi déterminé est appelé *ordre* de l'axe, et ce dernier est représenté par A^n. D'après le théorème IV, le nombre de positions distinctes, mais identiques en apparence, qu'un polyèdre peut occuper, en tournant autour d'un A^n, est n. Un axe d'ordre 2 est appelé *axe binaire*, un axe d'ordre supérieur à 2 est un *axe multiple*, que l'on appelle *ternaire, quaternaire*, etc., suivant qu'il est de l'ordre 3, 4, etc. (*).

(*) Pour indiquer qu'un axe *sénaire* donne aussi la restitution par des rotations de 120° et 180°, on dit quelquefois qu'il est aussi *ternaire* et *binaire;* on veut dire par là que les propriétés des axes *ternaires* ainsi que celles des axes *binaires* peuvent être, en général, appliquées aux axes *sénaires;* mais cette locution est vicieuse et peut donner lieu à des malentendus; un axe ne peut être que d'un seul ordre.

Exemple. Dans le cube, la droite joignant les centres de deux faces parallèles est un *axe quaternaire* Λ^4, la diagonale est un *axe ternaire* Λ^3, la droite joignant les milieux de deux arêtes parallèles, non situées dans la même face, est un *axe binaire* Λ^2.

Axes simples et axes composés. Axes de même espèce. — Nous avons vu que les axes de symétrie d'un polyèdre se coupent en un même point; si, en partant de ce point, on s'achemine vers une des extrémités de l'axe, la droite ainsi parcourue sera appelée *axe simple;* l'axe total, formé de deux axes simples, sera appelé *axe composé* ou, plus simplement, *axe.* Deux *axes simples* d'un polyèdre sont dits *de même espèce* lorsqu'on peut introduire le polyèdre dans son moule en y mettant l'un des axes à la place que l'autre y occupait. Par définition même, si deux *axes simples* sont de même espèce, leurs prolongements seront aussi de même espèce (*), ainsi que les axes composés eux-mêmes. Un axe d'ordre n est composé de deux axes simples d'ordre n, qui peuvent être de même espèce ou d'espèces différentes : ainsi la droite qui joint les centres de deux faces opposées d'un cube est un axe quaternaire composé de deux axes simples de même espèce, tandis que la hauteur d'une pyramide régulière dont la base a n côtés, est un axe d'ordre n formé de deux axes simples d'espèces différentes. Nous désignerons un *axe simple* par λ^n, les axes de même espèce étant désignés par la même lettre; ainsi, dans le cube, l'axe cité ci-dessus sera noté $\Lambda^4 < {\lambda^4 \atop \lambda^4}$, celui de la pyramide régulière sera désigné par $\Lambda^n < {\lambda^n \atop \lambda'^n}$. Un axe composé de deux axes simples de même espèce est appelé *isopolaire,* tandis que l'axe formé de deux axes simples d'espèces différentes est un axe *hétéropolaire.*

THÉORÈME V. — *Si* 2n *est le nombre total d'axes simples d'ordre pair possédés par un polyèdre dans un plan, deux axes consécutifs font entre eux des angles égaux à* $\frac{\pi}{n}$.

(*) On pourrait aussi adopter la définition suivante : *Deux axes simples sont dits de même espèce lorsque rien ne permet de les distinguer entre eux.* De cette définition il s'ensuivrait aussi que les prolongements de deux axes simples de même espèce doivent être de même espèce entre eux, car autrement il serait possible de distinguer les deux axes simples considérés en premier lieu.

Prenons pour plan de la figure le plan des $2n$ axes d'ordre pair. Pour établir le théorème, il suffit de démontrer que trois axes consécutifs quelconques GA, GB, GC (fig. 1) font entre eux des angles égaux. Supposons, s'il est possible, que $\beta > \alpha$; faisons tourner le polyèdre de 180° autour de GB; GA vient se placer en GD dans le plan de la figure. Comme GB est un axe d'ordre pair, une rotation de 180° doit donner la restitution, c'est-à-dire que GD serait un axe d'ordre pair du polyèdre dans sa position primitive, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc, etc.

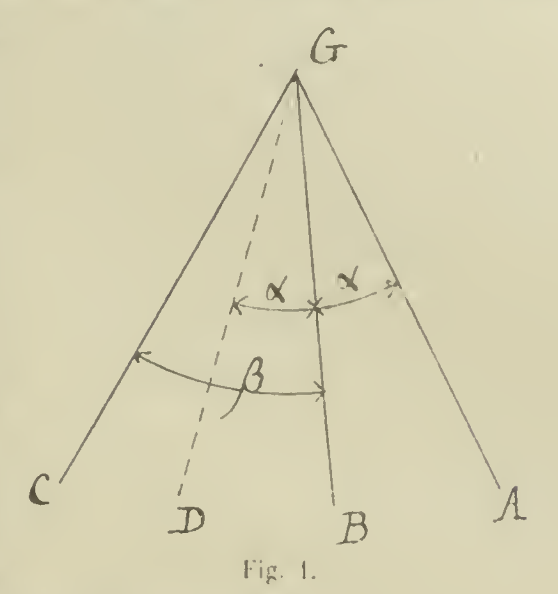


Fig. 1.

THÉORÈME VI. — *Si un polyèdre possède en tout* 2n *axes simples d'ordre pair dans un plan, il possède aussi, perpendiculairement à ce plan, un axe de symétrie d'ordre* n.

Nous divisons la démonstration en trois :

1° La normale au plan des $2n$ axes simples d'ordre pair est un axe de symétrie dont l'ordre est n ou un de ses multiples.

Prenons pour plan de la figure 2 le plan des $2n$ axes d'ordre pair ; soient G1, G2 deux axes consécutifs. Soit a_h la projection sur le plan du dessin d'un sommet quelconque du polyèdre situé à la hauteur h au-dessus de ce plan. Faisons tourner le polyèdre de 180° autour de G1; a_h vient en a'_{-h}, qui est donc aussi un sommet du polyèdre dans sa position initiale; de même, lorsque le polyèdre aura subi une nouvelle rotation de 180° autour de G2, a'_{-h} vient en a''_h, et ce point est aussi un sommet du polyèdre dans sa position primitive.

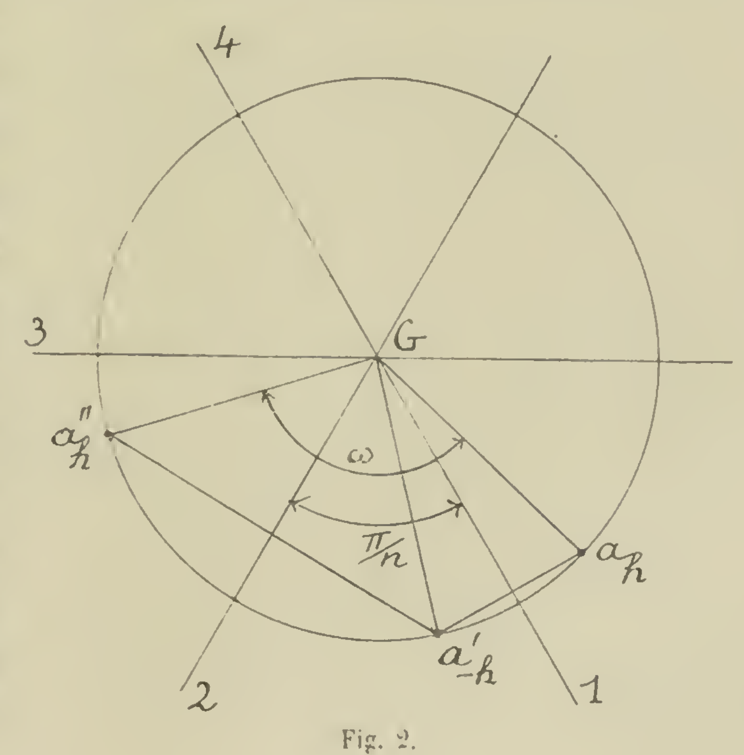


Fig. 2.

On voit aisément que $\omega = \frac{2\pi}{n}$; comme les points a_h, a''_h sont à la même hauteur au-dessus du plan de la figure, et que $Ga_h = Ga''_h$, en faisant tourner le polyèdre de $\frac{2\pi}{n}$ autour de la droite qui se projette en G, le sommet a_h viendra en a''_h, et il y aura restitution. Donc la droite G est un axe de symétrie dont l'ordre est n ou un de ses multiples (*).

2° Si perpendiculairement à un A'' il existe un axe d'ordre pair, il existe en tout $2n$ axes simples d'ordre pair dans un plan perpendiculaire à A''.

En effet, soit G (fig. 2) le A'', G1 l'axe d'ordre pair existant, a''_h un sommet du polyèdre, a_h la position que prend ce sommet après une rotation $\omega = \frac{2\pi}{n}$ autour de A'', a'_{-h} la position prise après rotation de 180° autour de G1. Si nous menons G2 perpendiculaire à $a''_h a'_{-h}$, on voit facilement que l'angle $\widehat{1G2}$ est constant et égal à $\frac{\pi}{n}$, et qu'une rotation de 180° autour de G2 amène a''_h en a'_{-h}; donc G2 est un axe d'ordre pair du polyèdre. Il suit de là qu'il existe normalement à G au moins $2n$ axes simples d'ordre pair, faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$. Il ne peut exister dans le plan perpendiculaire à G d'autres axes d'ordre pair que ceux que nous venons de déterminer; autrement, d'après le 1° l'axe G serait d'un ordre supérieur à n, ce qui est contraire à l'hypothèse.

3° La perpendiculaire au plan des $2n$ axes simples d'ordre pair est un axe de symétrie de l'ordre n.

En effet, on a vu que l'ordre de l'axe G est égal ou supérieur à n; mais, si l'ordre de G était supérieur à n, d'après le 2°, il existerait dans un plan normal à G plus de $2n$ axes simples d'ordre pair, ce qui est contraire à l'hypothèse. Donc, etc.

Théorème VII. — *Si* 2n *est le nombre total d'axes simples d'ordre pair possédés par un polyèdre dans un plan, ou bien tous ces axes sont de même espèce, ou bien il y en a* n *d'une espèce,* n *d'une autre. Dans le second cas, si* n *est pair, les axes simples de même espèce sont deux à deux dans le prolon-*

(*) Dans ce cas il ne pourrait être que $2n$, autrement un des axes d'ordre pair, en tournant autour de G, engendrerait d'autres axes d'ordre pair que les $2n$ considérés, ce qui est impossible.

gement les uns des autres et forment n *axes composés isopolaires de deux espèces différentes : si* n *est impair, les axes d'espèce différente se correspondent sur la même droite et forment ainsi* n *axes composés hétéropolaires identiques entre eux.*

Ce théorème découle immédiatement du précédent (*). Soient 0, 1, 2, 3, etc. (fig. 3) les axes simples d'ordre pair situés dans un plan normal à G; n sera l'axe simple situé sur le prolongement de 0. Vu que G est un A'', des rotations $\frac{2\pi}{n}$ autour de G amèneront 0 sur des axes de même espèce; ainsi tous les axes désignés par des numéros pairs sont de même espèce que 0, tous les axes désignés par des numéros impairs seront de même espèce que 1. Il suit de là que si n est pair, les axes de même espèce que 0 seront deux à deux dans le prolongement les uns des autres, de même que ceux de l'espèce 1, et l'on aura n axes composés isopolaires de deux espèces différentes; si n est impair, l'axe $n+1$ sera de même espèce que 0 et n de même espèce que 1, de sorte que l'on obtient n axes hétéropolaires identiques entre eux.

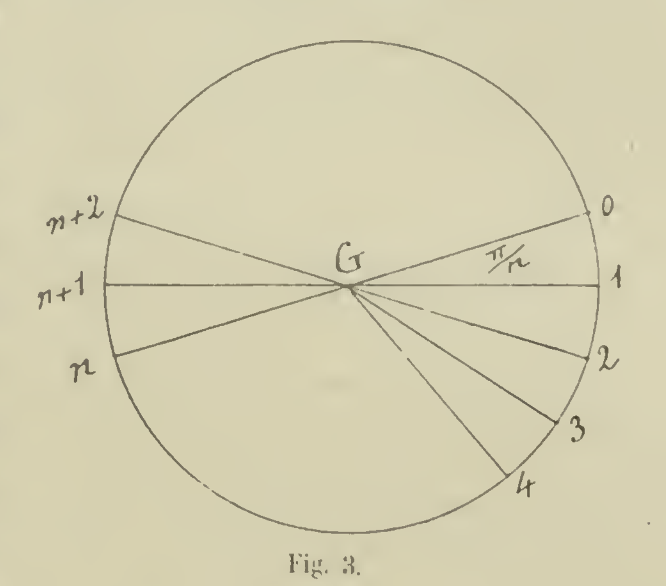


Fig. 3.

Enfin, il pourrait arriver que les axes 0 et 1 fussent de même espèce, quoique l'ordre de l'axe G ne soit que n; dans ce cas les $2n$ axes simples formeraient n axes composés isopolaires identiques entre eux.

Théorème VIII. — *Si un polyèdre possède* N_1 *axes simples de même espèce d'ordre* n, P_1 *axes simples de même espèce d'ordre* p, *etc., on a*

$$N_1 n = P_1 p = \text{etc} = \nu,$$

en désignant par ν *le nombre de positions différentes et en apparence identiques que le polyèdre peut occuper dans l'espace.*

(*) Il peut aussi se déduire de ce que deux axes symétriques par rapport à un axe d'ordre pair sont évidemment de même espèce.

Considérons, en effet, un axe simple d'ordre n; en faisant tourner le polyèdre de $\frac{2\pi}{n}$ autour de cet axe, on obtiendra n positions distinctes, identiques en apparence à la primitive. Si, après avoir extrait le polyèdre du moule qu'il détermine dans l'espace, on l'y introduit en mettant à la place de l'axe qui a servi en premier lieu un autre axe de même espèce, on obtiendra, par rotation, n positions évidemment différentes des premières. Lorsqu'on aura introduit, à la place du premier, tous les axes de même espèce, on aura évidemment obtenu toutes les positions identiques en apparence à la position initiale. Comme chaque λ'' a donné n positions différentes, on aura $\nu = N_1 n$. Si, en partant de la position initiale, on avait opéré de même sur les P_1 axes de même espèce d'ordre p, on aurait eu $\nu = P_1 p$. Donc, etc.

Corollaire. — *Lorsqu'un polyèdre possède des axes simples de même ordre, de plusieurs espèces, il en possède le même nombre de chaque espèce.*

En effet, si N_1, N_2, N_3, etc., représentent les nombres de λ'' de chaque espèce, d'après le théorème précédent, on a

$$N_1 n = N_2 n = N_3 n = \text{etc.},$$

ou

$$N_1 = N_2 = N_3 = \text{etc.} = \frac{N}{k_n},$$

en désignant par N le nombre total de λ'' et par k_n le nombre d'espèces de ces axes.

Théorème IX. — *Un polyèdre qui possède* N *axes simples d'ordre* n, P *axes simples d'ordre* p, *etc., peut occuper dans l'espace un nombre de positions identiques en apparence, donné par*

$$\nu = 1 + \frac{N}{2}(n-1) + \frac{P}{2}(p-1) + \frac{Q}{2}(q-1) + \text{etc.} \quad \ldots\ldots \quad (a)$$

Partons d'une certaine position et cherchons toutes les positions identiques en apparence à cette position initiale. Faisons tourner le polyèdre autour d'un Λ'', après avoir marqué d'une lettre spéciale α la place *occupée dans*

l'espace par une des extrémités de cet axe : effectuons des rotations $\frac{2\pi}{n}$ jusqu'à ce que nous soyons revenu à la position initiale; nous obtiendrons ainsi, outre la position initiale, $n-1$ nouvelles positions distinctes. Faisons ensuite tourner le polyèdre autour d'un autre axe, d'un Λ^p par exemple, après avoir marqué d'une lettre β la place qu'occupe dans l'espace une de ses extrémités : les $p-1$ positions que nous obtenons ainsi diffèrent évidemment des $n-1$ premières positions, car dans aucune d'elles l'axe simple initial λ^n n'occupe la position α, comme il arrive pour les $n-1$ premières positions. Si, après être revenu à la position initiale, on opère de même sur un autre axe de symétrie, sur un Λ^q par exemple, les $q-1$ positions que l'on obtiendra différeront des $n-1$ et $p-1$ positions précédentes pour une raison analogue. Lorsqu'on aura ainsi employé tous les axes de symétrie du polyèdre, on aura obtenu évidemment (*) toutes les positions identiques en apparence à la primitive; en outre, d'après ce qui précède, chaque position n'aura été obtenue qu'une fois. Ainsi, outre la position initiale, chaque Λ^n donne $n-1$ positions distinctes, chaque Λ^p en donne $p-1$, etc., et, comme il y a $\frac{N}{2}$ axes d'ordre n, $\frac{P}{2}$ axes d'ordre p, etc., le nombre de positions identiques en apparence est

$$\nu = 1 + \frac{N}{2}(n-1) + \frac{P}{2}(p-1) + \text{etc.}$$

Théorème X. — *Il ne peut exister dans un polyèdre que tout au plus deux espèces d'axes de même ordre, sauf dans le cas des axes binaires où le nombre d'espèces peut monter à trois.*

En effet, soit N le nombre de λ^n et soit k_n le nombre d'espèces de ces axes; il y en aura $\frac{N}{k_n}$ de chaque espèce (Cor., Th. VIII); soit de même P le nombre de λ^p et soit k_p le nombre d'espèces de ces axes; il y en aura $\frac{P}{k_p}$ de chaque espèce, etc. Le théorème VIII donne

$$\nu = \frac{N}{k_n}n = \frac{P}{k_p}p = \text{etc.} \qquad \text{(b)}$$

(*) D'après les théorèmes I et IV.

En remplaçant ν par la première valeur ci-dessus dans l'équation (a), il vient

$$N\left(1+\frac{2n}{k_n}-n\right)=2+P(p-1)+Q(q-1)+\text{etc.}$$

Le second membre étant essentiellement positif, on doit avoir

$$n<\frac{2n}{k_n}+1,$$

ou

$$k_n<\frac{2n}{n-1}=2+\frac{2}{n-1}.$$

Si $n=2$, $k_n<4$ et, par conséquent, $k_n=1$, 2 ou 3.
Si $n>2$, $k_n<3$ et, par conséquent, $k_n=1$ ou 2.

Théorème XI. — *Un polyèdre ne peut posséder plus de trois ordres différents d'axes de symétrie.*

Si x est le nombre d'ordres d'axes, l'équation (b) donne

$$\frac{Nn}{k_n}+\frac{Pp}{k_p}+\text{etc.}=x\nu,$$

ou, à cause de (a),

$$\frac{Nn}{k_n}+\frac{Pp}{k_p}+\text{etc}=x+\frac{Nx(n-1)}{2}+\frac{Px(p-1)}{2}+\text{etc.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (c)$$

Supposons, s'il est possible, $x>3$; comme x est entier, il sera au moins égal à 4; le multiplicateur de N dans le second membre est donc *au moins* $2n-2$, dans le premier membre il est *tout au plus* n; or, n est plus petit que $2n-2$, si $n>2$; donc les multiplicateurs de N, P, etc., dans le premier membre seront plus petits que les multiplicateurs correspondants dans le second membre, seuls les multiplicateurs relatifs aux axes binaires pouvant devenir égaux; donc le premier membre est plus petit que le second et l'égalité est impossible. Donc, etc.

Classification des polyèdres qui possèdent des axes de symétrie. — Le théorème précédent prouve qu'il ne peut exister que *trois* classes de polyèdres possédant des axes de symétrie : nous placerons dans la *première* ceux qui possèdent des *axes de trois ordres différents,* dans la *deuxième* ceux qui n'en possèdent que de *deux ordres,* dans la *troisième* ceux qui possèdent des axes d'*un seul ordre.*

PREMIÈRE CLASSE.

POLYÈDRES POSSÉDANT TROIS ORDRES D'AXES.

THÉORÈME XII. — *Les polyèdres qui possèdent des axes de trois ordres différents ne peuvent avoir, dans chaque ordre, que des axes d'une seule espèce. Il n'y a que deux combinaisons d'axes possibles; ce sont :* $3A^4$, $4A^3$, $6A^2$ et $6A^5$, $10A^3$, $15A^2$.

L'équation (c) devient ici :

$$\frac{Nn}{k_n} + \frac{Pp}{k_p} + \frac{Qq}{k_q} = 3 + \frac{3N(n-1)}{2} + \frac{3P(p-1)}{2} + \frac{3Q(q-1)}{2}.$$

Cette équation montre d'abord que *ces polyèdres doivent nécessairement posséder des axes binaires.* En effet, si n, p, q étaient ≥ 3, on en déduirait : $n \leqq \frac{3(n-1)}{2}$; on aurait donc aussi : $\frac{n}{k_n} \leqq \frac{3(n-1)}{2}$; les multiplicateurs de N, P, Q dans le premier membre étant inférieurs aux multiplicateurs des mêmes quantités dans le second membre, ceux relatifs aux axes ternaires pouvant seuls devenir égaux, l'égalité serait impossible. Soit donc $q = 2$. L'équation ci-dessus devient :

$$\frac{Nn}{k_n} + \frac{Pp}{k_p} + \frac{2Q}{k_2} = 3 + \frac{3N(n-1)}{2} + \frac{3P(p-1)}{2} + \frac{3Q}{2}.$$

Mais, d'après ce qui vient d'être dit, comme n et p sont ≥ 3, il faut que $\frac{2}{k_2} > \frac{3}{2}$; donc $k_2 = 1$. Éliminons N et P par la relation (b), qui devient ici :

$$\frac{Nn}{k_n} = \frac{Pp}{k_p} = 2Q;$$

on obtient

$$Q = \frac{1}{\frac{3}{2} - \frac{n-1}{n} k_n - \frac{p-1}{p} k_p}.$$

La valeur de Q doit être positive; or, il est facile de voir que, pour cela, il faut que $k_n = 1$, $k_p = 1$; en effet, les plus petites valeurs de $\frac{n-1}{n}$ et $\frac{p-1}{p}$, correspondantes à $n = 3$, $p = 4$, sont $\frac{2}{3}$ et $\frac{3}{4}$; dans ce cas, pour $k_n = k_p = 1$, le dénominateur devient $\frac{1}{12}$; il serait par conséquent négatif, si l'on supposait k_n ou $k_p = 2$; *a fortiori* cela arriverait pour des axes d'un ordre supérieur. Ainsi : *Dans un polyèdre ayant trois ordres d'axes, tous les axes de même ordre sont de même espèce.*

La valeur de Q devient

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{p} - \frac{1}{2}}.$$

Pour que Q soit positif, il faut que

$$\frac{1}{n} + \frac{1}{p} > \frac{1}{2}.$$

Posons $n = x + 2$, $p = y + 2$, x et y représentant des quantités inégales positives; l'inégalité ci-dessus devient $xy < 4$ et n'est satisfaite que par $x = 1$, $y = 2$ ou $x = 1$, $y = 3$. Donc il n'y a que deux combinaisons possibles : $n = 3$, $p = 4$ et $n = 3$, $p = 5$. En remplaçant dans la valeur de Q (*), puis en observant que $N = \frac{2Q}{n}$, $P = \frac{2Q}{p}$, on obtient :

1° $\quad n = 3, \quad p = 4, \quad Q = 12, \quad N = 8, \quad P = 6;$

donc

$$12\lambda^2, \quad 8\lambda^3, \quad 6\lambda^4, \qquad \text{ou} \qquad 6\Lambda^2, \quad 4\Lambda^3, \quad 3\Lambda^4.$$

2° $\quad n = 3, \quad p = 5, \quad Q = 30, \quad N = 20, \quad p = 12;$

donc

$$30\lambda^2, \quad 20\lambda^3, \quad 12\lambda^5 \qquad \text{ou} \qquad 15\Lambda^2, \quad 10\Lambda^3, \quad 6\Lambda^5.$$

(*) Il faut en outre que, par remplacement, on obtienne pour Q, N, P des nombres pairs.

De ce qui précède, il suit que toute combinaison autre que les deux trouvées ci-dessus est impossible dans les polyèdres à trois ordres d'axes : reste à faire voir que ces deux combinaisons sont réalisables. A cet effet, il suffit de faire observer (*) que la première est réalisée dans le cube, la seconde dans le dodécaèdre régulier.

Observation. L'équation (b) donne $\nu = 24$ pour la première combinaison, $\nu = 60$ pour la seconde, de sorte que :

Un polyèdre possédant trois *ordres d'axes de symétrie peut occuper dans l'espace soit* vingt-quatre, *soit* soixante *positions identiques en apparence.*

DEUXIÈME CLASSE.

POLYÈDRES POSSÉDANT DEUX ORDRES D'AXES.

Théorème XIII. — *Dans les polyèdres possédant des axes de deux ordres, il y a un ordre d'axes de même espèce et un ordre de deux espèces différentes. Il n'y a que deux combinaisons possibles ; ce sont :* $3\Lambda^2$, $4\lambda^3$, $4\lambda'^3$ et Λ^n, $n\lambda^2$, $n\lambda'^2$, avec $n > 2$.

L'équation (c) devient ici

$$\frac{\mathrm{N}n}{k_n} + \frac{\mathrm{P}p}{k_p} = 2 + \mathrm{N}(n-1) + \mathrm{P}(p-1) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad (d)$$

Pour démontrer que l'un des k doit être égal à 1 et l'autre égal à 2, nous allons faire voir que toutes les autres hypothèses conduisent à des impossibilités.

1° *Il est impossible qu'il y ait un ordre d'axes de* trois *espèces différentes.*

En effet, supposons $k_p = 3$ et, par conséquent, $p = 2$ (Th. X). En tenant compte de la relation (b), qui donne ici $\frac{\mathrm{N}n}{k_n} = \frac{2\mathrm{P}}{3}$, l'équation ($d$) devient

$$\mathrm{P} = \frac{6n}{n - 2k_n(n-1)}.$$

Pour que P fût positif, il faudrait que $k_n < \frac{n}{2(n-1)}$, ce qui est impossible.

(*) Voir, pour la démonstration directe, la seconde partie de ce mémoire.

2° *Il est impossible que* $k_n = 2$, $k_p = 2$.

L'équation (d) peut s'écrire :

$$N\left(\frac{n}{k_n} - n + 1\right) + P\left(\frac{p}{k_p} - p + 1\right) = 2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (e)$$

et, dans l'hypothèse ci-dessus,

$$N(2 - n) + P(2 - p) = 4,$$

ce qui est impossible; car n et p étant des quantités inégales ≥ 2, le premier membre est négatif.

3° *Il est impossible que* $k_n = 1$, $k_p = 1$.

Dans ce cas, l'équation (e) devient $N + P = 2$, ce qui est impossible, vu que $N + P$ est au moins égal à 4.

Il ne reste qu'une seule hypothèse possible : $k_n = 1$, $k_p = 2$, Donc : *Dans les polyèdres de la deuxième classe il y a un ordre d'axes de même espèce et un ordre de deux espèces différentes.*

Les relations fondamentales deviennent

$$N + P\left(1 - \frac{p}{2}\right) = 2$$

et

$$Nn = \frac{Pp}{2}.$$

On en tire

$$P = \frac{4n}{2n + p - np}.$$

Pour que P soit positif, il faut que $2n + p > np$, ou

$$p < 2 + \frac{2}{n - 1};$$

Pour $n = 2$, $p < 4$ et, par conséquent, $p = 3$;

Pour $n > 2$, $p < 3$ et, par conséquent, $p = 2$. En remplaçant dans la valeur de P, puis en observant que $N = \frac{Pp}{2n}$, on obtient

1° $$n = 2, \quad p = 3, \quad P = 8, \quad N = 6,$$

donc

$$6\lambda^2, \quad 4\lambda^3, \quad 4\lambda'^3 \qquad \text{ou} \qquad 3\Lambda^2, \quad 4\lambda^3, \quad 4\lambda'^3.$$

2° $n > 2, \quad p = 2, \quad P = 2n, \quad N = 2,$

donc $2\lambda^n, \quad n\lambda^2, \; n\lambda'^2 \quad$ ou $\quad \Lambda^n, \quad n\lambda^2, \quad n\lambda'^2$ (avec $n > 2$).

La première combinaison est réalisée dans le tétraèdre régulier, la seconde dans tous les prismes réguliers.

TROISIÈME CLASSE.

POLYEDRES NE POSSÉDANT QU'UN ORDRE D'AXES.

Théorème XIV. — *Dans les polyèdres qui ne possèdent qu'un seul ordre d'axes, il n'y a que deux combinaisons possibles : ou bien* un axe unique hétéropolaire λ^n, λ'^n, *ou bien* trois axes binaires *isopolaires,* de trois espèces différentes, *perpendiculaires deux à deux :* Λ^2, Λ'^2, Λ''^2.

L'équation (c) devient dans ce cas

$$\frac{Nn}{k_n} = 1 + \frac{N(n-1)}{2},$$

d'où

$$N = \frac{1}{\frac{n}{k_n} + \frac{1}{2} - \frac{n}{2}}.$$

Pour $k_n = 1$, $N = \frac{2}{n+1}$, ce qui est impossible.

Pour $k_n = 2$, $N = 2$, et cela quelle que soit la valeur de n.

Pour $k_n = 3$, pour que N soit positif, il faut que $n < 3$, et par conséquent $n = 2$.

On arrive donc aux combinaisons suivantes :

1° n *quelconque,* $N = 2$; donc λ^n, λ'^n.

2° $n = 2$, $N = 6$; donc $2\lambda^2$, $2\lambda'^2$, $2\lambda''^2$.

Il est facile de voir comment les trois axes binaires composés sont agencés dans la dernière combinaison. Ils ne peuvent être situés dans un même plan, autrement, d'après le théorème VI, il existerait un A^3 perpendiculaire à ce plan; donc, dans un même plan il ne peut exister que deux axes binaires composés, qui se couperont à angle droit (Th. V); ainsi les axes binaires, étant perpendiculaires deux à deux, sont dirigés suivant les arêtes d'un trièdre trirectangle; d'ailleurs ils sont isopolaires (Th. VII).

La première combinaison est réalisée dans toute pyramide régulière, la seconde dans un parallélipipède rectangle.

Il résulte de ce qui précède que tout polyèdre pouvant occuper dans l'espace plusieurs positions identiques en apparence est compris dans une des *six* catégories suivantes :

Avec 3 ordres d'axes.	Avec 2 ordres d'axes.	Avec 1 ordre d'axes.
$3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$.	$3\Lambda^2$, $4\lambda^3$, $4\lambda'^3$.	λ^n, λ'^n.
$6\Lambda^5$, $10\Lambda^3$, $15\Lambda^2$.	Λ^n, $n\lambda^2$, $n\lambda'^2 (n > 2)$	Λ^2, Λ'^2, Λ''^2.

THÉORÈME XV. — *Tout polyèdre qui possède* plus d'un axe (*) de symétrie, *peut occuper dans l'espace un nombre de positions identiques en apparence donné par*

$$\nu = 2(\mathfrak{N} - 1),$$

en désignant par $\mathfrak{N}$ *le nombre total d'axes composés du polyèdre.*

En effet, on a vu que

$$(a) \quad \ldots\ldots\ldots \quad \nu = 1 + \frac{N}{2}(n-1) + \frac{P}{2}(p-1) + \text{etc.}$$

Pour les polyèdres à trois ordres d'axes, on a

$$Nn = Pp = Qq = \nu.$$

Pour les polyèdres à deux ordres d'axes, on a

$$Nn = \frac{Pp}{2} = \nu.$$

Pour les polyèdres à un ordre d'axes, *ayant plus d'un axe,* on a

$$\frac{Nn}{3} = \nu.$$

Dans les trois cas, l'équation (a) devient

$$\nu = 1 + \frac{3\nu}{2} - \mathfrak{N}, \qquad \text{ou} \qquad \nu = 2(\mathfrak{N} - 1).$$

(*) Cette restriction se rapporte aux polyèdres de la cinquième catégorie, pour lesquels $\nu = n$.

SECONDE PARTIE.

CONSTRUCTION DES SIX COMBINAISONS D'AXES PRÉSENTÉES PAR LES POLYÈDRES A AXES DE SYMÉTRIE.

Dans ce qui précède, nous avons cherché toutes les combinaisons d'axes possibles dans les polyèdres possédant des axes de symétrie. C'était là notre but. Mais on peut encore se demander si une même combinaison peut être réalisée de plusieurs façons différentes ou vouloir chercher quels sont les angles que dans telle ou telle combinaison les différents axes font entre eux. Nous allons nous occuper de ces points. Nous sommes parvenu simplement au but en nous basant sur la remarque suivante :

Si l'on compose deux axes de symétrie par la règle d'Euler, l'axe résultant est aussi un axe de symétrie du polyèdre.

Voici la règle d'Euler, dont la démonstration est aisée :

Théorème. — *Des rotations successives* ω, ω' *autour de deux axes concurrents* OA, OB (fig. 4) *équivalent à une rotation unique autour d'un axe qui s'obtient de la manière suivante : Soient* A, B *les pôles des deux axes sur une sphère ayant* O *pour centre; on trace par ces pôles des arcs de grand cercle faisant respectivement avec l'arc* AB *des angles* $\frac{\omega}{2}$ et $\frac{\omega'}{2}$; *si* C *est le point de rencontre de ces arcs,* OC *est l'axe résultant et l'amplitude de la rotation résultante est double de l'angle* ACB *ou de son supplément.*

Fig. 4.

PREMIÈRE COMBINAISON : $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$.

Deux Λ^4 quelconques doivent être perpendiculaires entre eux, autrement un de ces axes, en tournant autour de l'autre, engendrerait trois nouveaux Λ^4, et il y aurait au moins cinq Λ^4. Les trois axes quaternaires sont donc dirigés suivant les arêtes d'un trièdre trirectangle. Soient A, B, C leurs pôles (fig. 5). Pour composer les axes quaternaires A et C nous devons, d'après la règle d'Euler, tracer par A et C des arcs de grand cercle faisant avec AC des angles de 45°, c'est-à-dire tracer les hauteurs du triangle trirectangle ABC. Le point D ainsi obtenu est le pôle d'un nouvel axe de symétrie, et cet axe est un Λ^3, vu que l'angle CDE est de 60°. En composant C et D par le triangle CDH, on obtient en H le pôle d'un axe binaire, vu que l'angle CHD est de 90°. Ainsi la combinaison $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$ n'est réalisable que d'une seule manière : *Les Λ^4 étant dirigés suivant trois axes rectangulaires, les Λ^3 sont les intersections des plans bissecteurs des dièdres formés par les plans coordonnés et les Λ^2 sont les bissectrices des angles faits par les axes* (*).

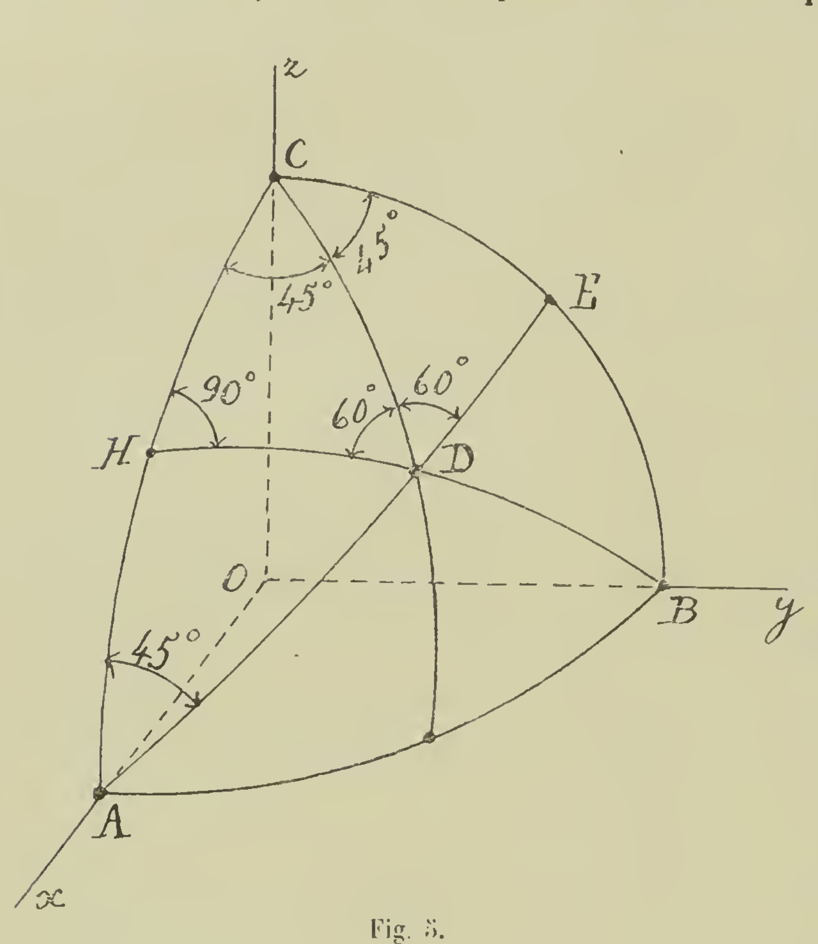


Fig. 5.

Cette combinaison est réalisée dans le cube, l'octaèdre régulier et, en général, dans tous les solides des groupes holoédrique et hémiédrique-holoaxe du système cubique.

(*) On calcule facilement sur la figure les inclinaisons réciproques des différents axes de symétrie; ainsi, dans le triangle CHD on peut calculer l'angle HD que fait un Λ^3 avec un Λ^2 adjacent; on obtient *cot.* $\Lambda^2\Lambda^3 = \sqrt{2}$, etc.

DEUXIÈME COMBINAISON : $6A^5$, $10A^3$, $15A^2$.

Deux A^5 quelconques ne peuvent être perpendiculaires entre eux : en effet, supposons que cela soit et faisons tourner un de ces axes autour de l'autre ; nous obtiendrons cinq A^5 dans un plan perpendiculaire au second ; mais, en faisant tourner ce dernier axe autour de l'un des cinq A^5 qui lui sont perpendiculaires, on engendrerait de nouveaux axes quinaires ; il y aurait donc plus de six A^5.

Soient (fig. 6) aa', bb' deux A^5, boa étant l'angle aigu qu'ils font entre eux : prenons pour plan de projection le plan de ces deux axes. En faisant tourner ob autour de oa successivement de $\frac{2\pi}{5}$, nous aurons en og, oh, puis postérieurement en oi, op, les quatre autres A^5, se projetant deux à deux suivant la même droite ; les extrémités inférieures b', g', h', i', p' se trouveront sur un parallèle $b'h'$ symétrique du parallèle bh par rapport au centre. Comme tous les A^5 existent déjà dans le système, il faut qu'en faisant tourner un de ces A^5 autour d'un autre, on retrouve des axes déjà obtenus. Faisons tourner a autour de b ; nous devons trouver quatre pôles déjà obtenus ; ces pôles ne peuvent être évidemment que deux supérieurs g et p et deux inférieurs h', i' ; ainsi les pôles $agi'h'p$ doivent se trouver sur un même parallèle normal à bb' : si l'on suppose tracés les arcs de grand cercle bg, ag, il suit de ce qui précède que : arc ba = arc bg et que le triangle sphérique abg est équilatéral. Comme les angles de ce triangle sont de $\frac{2\pi}{5}$, le triangle et, par conséquent, le système lui-même se trouve déterminé : le côté ab de ce triangle est donné par $tg\, \alpha = 2$.

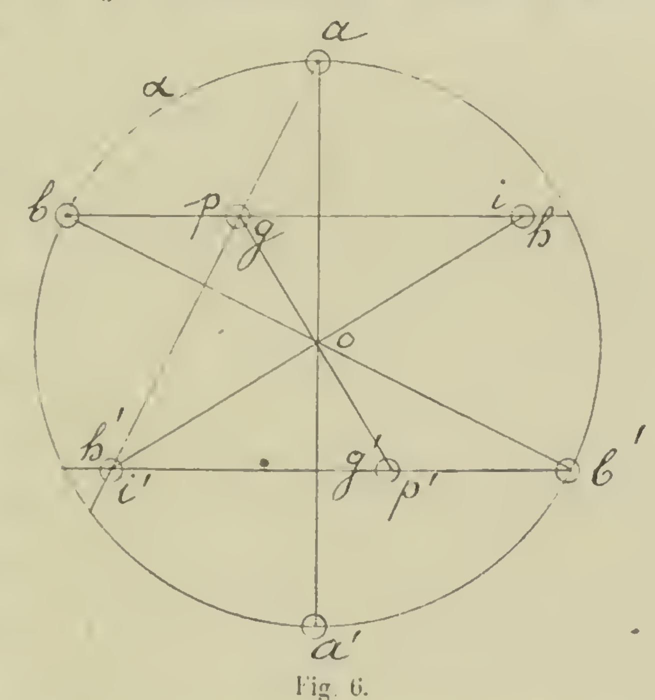


Fig. 6.

Donc : si un système de *six* A^5 est possible, il ne peut l'être que de la manière suivante : *Après avoir tracé deux droites faisant entre elles un*

angle α *donné par* $\operatorname{tg}\alpha = 2$, *on fera tourner l'une d'elles autour de l'autre successivement de* $\frac{2\pi}{5}$; *on obtiendra ainsi un faisceau de six axes quinaires.* Reste à faire voir que le système ainsi obtenu répond bien à la question, c'est-à-dire qu'un quelconque de ces axes quinaires tournant autour d'un autre, n'engendre que des axes compris dans les *six* déjà obtenus. En effet, si dans le système, *construit comme il vient d'être dit,* on calcule l'angle de deux axes consécutifs, on trouve : $bog = \alpha$ et, pour l'angle de deux axes non consécutifs, on trouve : $boh = \pi - \alpha$; de sorte qu'un axe quelconque, *og* par exemple, fait des angles α avec les axes *ob*, *oa*, *oh*, *op'*, *oi'* et ces axes font aussi entre eux le même angle α; donc, autour de *og*, le système se trouve disposé comme il a été construit autour de *oa*.

La figure 7 est la projection stéréographique des pôles des axes de la combinaison : $6\Lambda^5$, $10\Lambda^3$, $15\Lambda^2$ sur le plan des deux axes quinaires *aa'* et *bb'*. En composant, par la règle d'Euler, les axes quinaires *a* et *b*, on obtient en *j* le pôle d'un *axe ternaire;* en composant de même *b* et *j*, on obtient en *m* le pôle d'un *axe binaire.* De sorte que pour obtenir les pôles des Λ^3 et des Λ^2, on procédera comme il suit : *Après avoir construit les* Λ^5 *comme il a été dit ci-dessus, on marquera leurs pôles sur une sphère ayant pour centre leur point d'intersection; en joignant les pôles voisins par des arcs de grand cercle, on obtiendra vingt* (*) *triangles équilatéraux : les axes ternaires aboutissent aux centres de ces triangles, les axes binaires aux milieux de leurs côtés.* Sur la figure 7, les pôles des Λ^5 sont marqués par un petit cercle, ceux des Λ^3 par un point, ceux des Λ^2 par un petit trait.

On trouve aisément les relations d'axes qui suivent :

1° Dans un plan passant par deux axes quinaires *aa'*, *bb'* se trouvent : $2\Lambda^5$, $2\Lambda^3$, $2\Lambda^2$; les deux Λ^3 sont *cc'*, *dd'*, les deux Λ^2 sont *ee'*, *ff'*. Les deux Λ^5 font un angle $\alpha = 63°26'6''$; le premier Λ^3 fait avec le Λ^5 adjacent un angle $ac = aj$, donné par

$$\sin x = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\sin 60°}, \qquad x = 37°22'39'';$$

(*) Autour du pôle de chaque λ^5 il y a cinq triangles; le nombre des triangles est donc $\frac{12 \cdot 5}{3} = 20$.

les deux A^3 font entre eux un angle $cd = 2.cf = 2.ej$, donné par

$$\sin y = \frac{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}}{\operatorname{tg} 60^\circ}, \qquad 2y = 41^\circ 48' 57''.$$

Entre les deux A^5 et les deux A^3 se trouvent les $2A^2$ perpendiculaires entre eux. Perpendiculairement au plan que nous considérons se trouve un A^2,

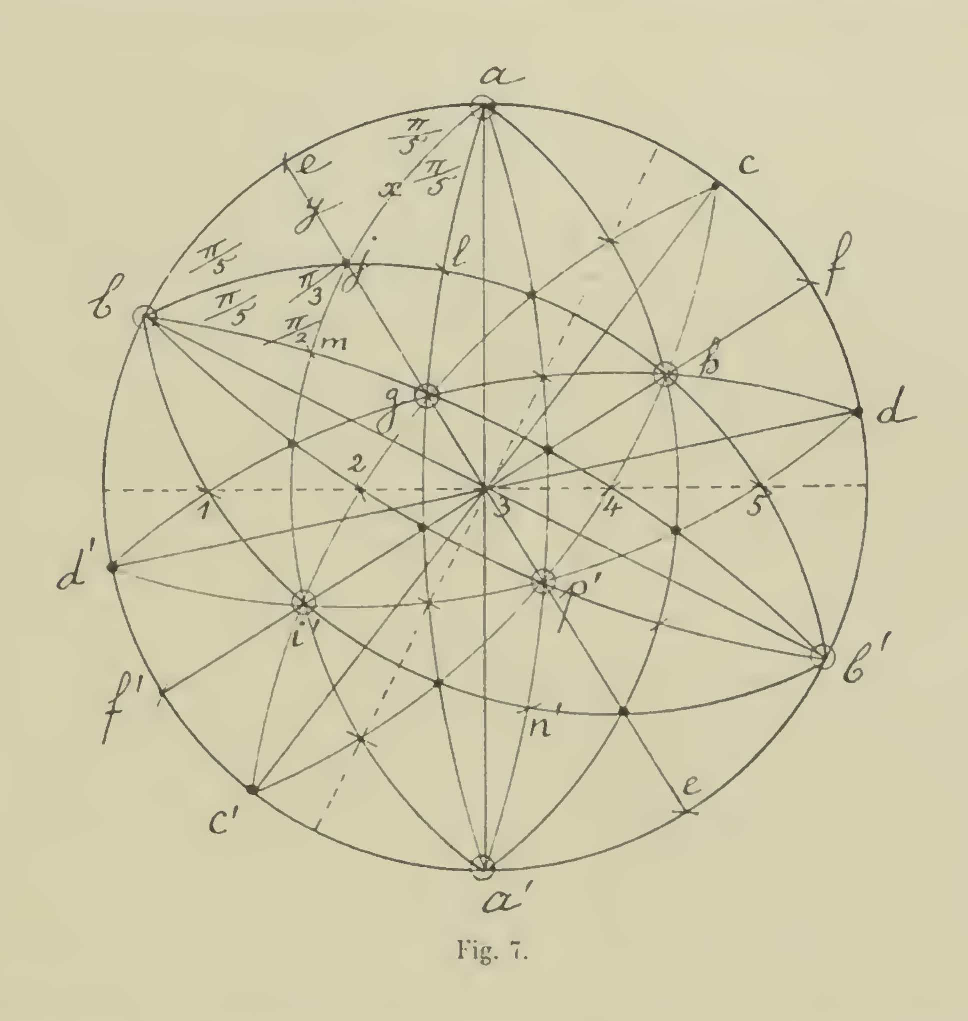


Fig. 7.

qui se projette en 3. La même disposition s'observe sur les cercles *alga'*, *a'i'ma*, qui ont respectivement leurs pôles en *5* et *4*, etc.

2° Normalement à un A^5, *aa'*, se trouvent $5A^2$: 1, 2, 3, 4, 5 faisant entre eux des angles de 36°.

3° Normalement à un A^3, *dd'*, se trouvent $3A^2$: *l*, 3, *n'* faisant entre eux des angles de 60°, etc.

TROISIÈME COMBINAISON : $3\Lambda^2$, $4\lambda^3$, $4\lambda'^3$.

Il est d'abord évident que les huit axes simples $4\lambda^3$, $4\lambda'^3$ doivent constituer quatre axes hétéropolaires identiques, vu que trois quelconques de ces axes doivent venir se substituer l'un à l'autre par rotation autour du quatrième.

Les trois Λ^2 ne peuvent être situés dans un même plan; car le Λ^3 qui serait perpendiculaire à ce plan devrait être isopolaire, l'une de ses extrémités devant venir se substituer à l'autre par rotation de 180° autour d'un des Λ^2. Il suit de là que les Λ^2 doivent être perpendiculaires deux à deux et dirigés suivant les arêtes d'un trièdre tri-rectangle. Soient (fig. 8 [*]) X, Y, Z leurs pôles. Comme en tournant autour d'un λ^3 les pôles des Λ^2 doivent se substituer l'un à l'autre, il est évident que le pôle d'un axe ternaire doit se trouver en A, centre du triangle XYZ; supposons que cet axe ternaire soit de l'espèce λ^3. Par rotation de 180° autour des axes binaires X, Y, Z, le pôle A vient en C, D, B; ces points sont donc les pôles des autres λ^3. Ainsi la combinaison

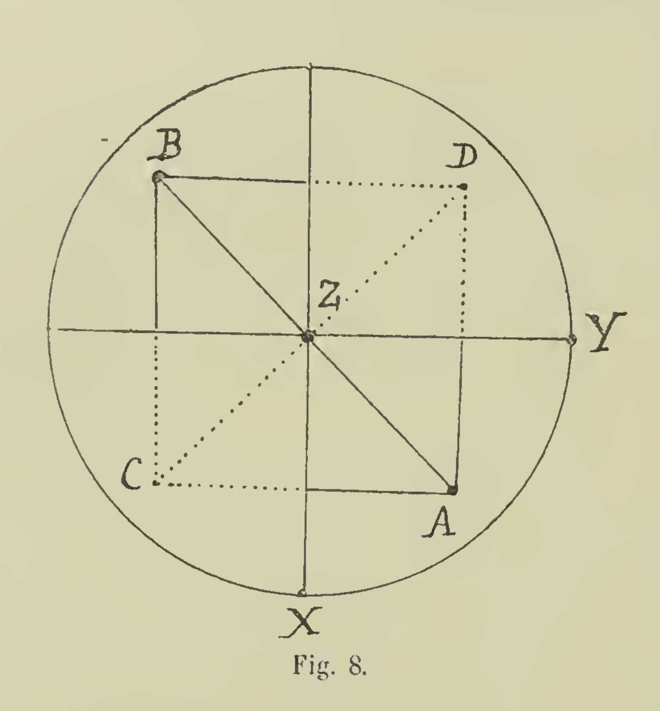


Fig. 8.

$$3\Lambda^2,\ 4\Lambda^3 < \begin{matrix}\lambda^3\\ \lambda'^3\end{matrix}$$

n'est réalisable que d'une seule manière : *Les Λ^2 étant dirigés suivant trois axes rectangulaires, les Λ^3 sont dirigés suivant les intersections des plans bissecteurs des dièdres formés par les plans coordonnés, les extrémités de ces axes émergeant à la partie supérieure étant des λ^3 dans les trièdres 1 et 3, des λ'^3 dans les trièdres 2 et 4.*

Cette combinaison est réalisée dans le tétraèdre régulier et, en général, dans les solides appartenant à tous les groupes hémiédriques non holoaxes du système cubique, ainsi que dans ceux du groupe tétartoédrique du même système.

(*) La figure 8 est une projection orthogonale sur le plan des XY.

QUATRIÈME COMBINAISON : Λ^n, $n\lambda^2$, $n\lambda'^2$.

Un λ^2 quelconque doit être perpendiculaire au Λ^n, autrement, en faisant tourner de 180° ce dernier autour du λ^2, on obtiendrait un nouveau Λ^n. Les $2n$ axes binaires simples doivent donc se trouver (fig. 9) dans un même plan perpendiculaire à l'axe multiple. Quant à la disposition des λ^2, elle est réglée par le théorème VII. Si n est *pair*, ils constitueront n axes composés isopolaires de deux espèces différentes; si n est *impair*, les axes binaires formeront n axes composés hétéropolaires identiques entre eux (c'est le cas de la figure). Dans les deux cas, deux axes binaires voisins font entre eux un angle $\frac{\pi}{n}$. De sorte que la combinaison sera représentée par

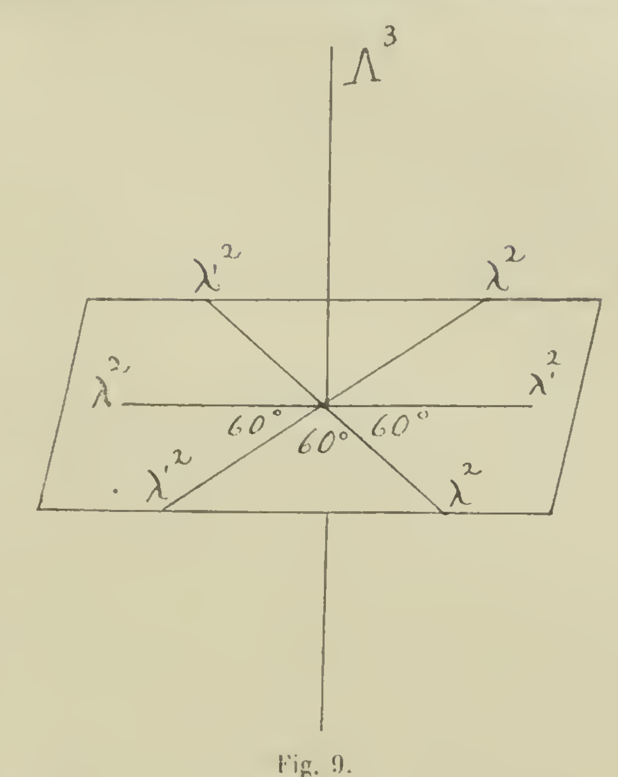


Fig. 9.

$$\Lambda^n,\ \frac{n}{2}\Lambda^2,\ \frac{n}{2}\Lambda'^2$$

pour n *pair* > 2, et par

$$\Lambda^n,\ n\Lambda^2 < \begin{matrix}\lambda^2\\ \lambda'^2\end{matrix}$$

pour n *impair*.

Pour $n = 3$, on obtient la combinaison la plus simple (fig. 9)

$$\Lambda^3,\ 3\Lambda^2 < \begin{matrix}\lambda^2\\ \lambda'^2\end{matrix}$$

réalisée dans le prisme régulier à base triangulaire, dans le rhomboèdre et, en général, dans tous les solides du système rhomboédrique et du groupe hémi-rhomboédrique holoaxe.

Pour $n = 4$, on obtient Λ^4, $2\Lambda^2$, $2\Lambda'^2$, combinaison réalisée dans le prisme droit à base carrée et, en général, dans les solides des groupes holoédrique et hémiédrique holoaxe du système quadratique.

Pour $n = 6$, on obtient Λ^6, $3\Lambda^2$, $3\Lambda'^2$, combinaison réalisée dans le prisme hexagonal régulier et, en général, dans les solides des groupes holoédrique et hémiédrique holoaxe du système sénaire.

CINQUIÈME COMBINAISON : $\Lambda^n < {\lambda^n \atop \lambda'^n}$.

Cette combinaison est réalisée dans les pyramides régulières, dans le prisme clinorhombique et, en général, dans les solides dérivés des groupes holoédrique et hémiédrique holoaxe du système binaire.

Elle est aussi réalisée dans le groupe *sphénoédrique anomal* (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, 3e série, t. XXII, nos 9, 10, 1891, p. 246, fig. 7).

SIXIÈME COMBINAISON : $2\lambda^2$, $2\lambda'^2$, $2\lambda''^2$.

On a antérieurement démontré que cette combinaison ne peut être réalisée que d'une seule manière. La règle d'Euler conduit immédiatement à la même conclusion. Si A et B (fig. 10) sont les pôles de deux λ^2, en traçant par ces points des arcs perpendiculaires à AB, on obtiendra en C le pôle d'un nouvel axe de symétrie; mais comme cet axe doit être nécessairement un axe binaire, l'angle C est de 90° et le triangle est tri-rectangle. En outre, un axe perpendiculaire à un axe de symétrie d'ordre pair doit nécessairement être isopolaire; on aura donc Λ^2, Λ'^2, Λ''^2, *trois axes binaires isopolaires d'espèces différentes dirigés suivant les arêtes d'un trièdre tri-rectangle.*

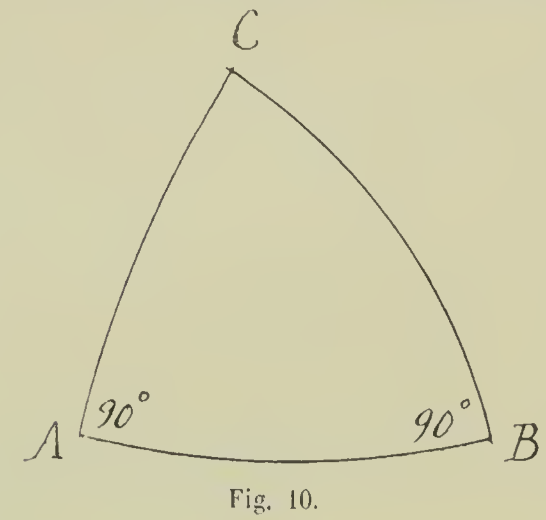


Fig. 10.

Cette combinaison est réalisée dans un parallélipipède rectangle et, en général, dans tous les solides appartenant aux groupes holoédrique et hémiédrique holoaxe (*sphénoïdique*) du système orthorhombique.

APPENDICE.

Observation sur la notation des solides primitifs en cristallographie.

On appelle, en cristallographie, *éléments* (faces, arêtes, angles solides) *de même espèce*, soit les éléments qui se correspondent par rapport au centre ou à un plan de symétrie, soit ceux qui viennent en coïncidence par rotation autour d'un axe de symétrie. Ces éléments sont désignés par la même lettre. Il ne faut pas perdre de vue cependant que l'on confond ainsi, sous la même notation, des éléments égaux et des éléments qui ne sont que symétriques des premiers.

Si, parmi les éléments d'une certaine espèce (*), nous distinguons ceux qui sont identiques entre eux, et que nous désignons leur nombre par ε, si n est le degré de l'axe de symétrie (**) qui y aboutit, on aura $\varepsilon n = \nu$, et $\varepsilon = \frac{\nu}{n}$. Si donc le nombre total d'éléments de même espèce est supérieur à $\frac{\nu}{n}$, c'est qu'il y a parmi eux des symétriques inégaux.

Dans le cube tous les éléments de même espèce sont identiques entre eux : on a, en effet, $\mathfrak{N} = 13$ (***), $\nu = 24$; or : les faces sont normales aux A^4 et leur nombre est $\frac{\nu}{4} = 6$, les arêtes sont perpendiculaires aux A_2 et leur nombre est $\frac{\nu}{2} = 12$, enfin les A^3 passent par les sommets et ceux-ci sont en nombre $\frac{\nu}{3} = 8$ (IV). La même chose a lieu dans le prisme à base carrée et

(*) Le mot : *même espèce* est ici entendu comme on l'entend en cristallographie.

(**) L'absence d'axe de symétrie correspondant à $n = 1$.

(***) Pour tous les polyèdres, sauf pour ceux de la cinquième catégorie pour lesquels $\nu = n$, on a $\nu = 2(\mathfrak{N} - 1)$. (Th. XV.)

(IV) Dans les solides dérivés toutes les faces sont identiques et pourront être superposées par des rotations autour des axes de symétrie, sauf dans le dodécatétraèdre, qui, ayant 48 faces et ne pouvant occuper dans l'espace que 24 positions identiques en apparence, a 24 faces superposables et 24 symétriques des premières par rapport au centre ou à des plans de symétrie. C'est à cause de cela que l'hémiédrie holoaxe ne peut affecter que les dodécatétraèdres.

dans le prisme hexagonal; mais il n'en est plus de même dans le rhomboèdre et dans les solides primitifs des trois derniers systèmes.

Dans le rhomboèdre ($\mathcal{N} = 4$, $\nu = 6$), les éléments de même espèce auxquels n'aboutit pas d'axe de symétrie (faces, arêtes *b*, angles *e*) sont au nombre de 6, et sont, par conséquent, identiques entre eux; les angles *a*, auxquels aboutit le Λ^3, sont en nombre $\frac{\nu}{3} = 2$ et, par conséquent, sont aussi identiques entre eux; mais les arêtes *d*, auxquelles aboutissent les Λ^2, sont au nombre de 6, tandis que $\frac{\nu}{2} = 3$; il y en aura donc trois d'une sorte, trois d'une autre; elles ne seront égales que de deux en deux. Si l'on place la face d'un rhomboèdre devant soi, et que l'on marque d'un signe spécial l'arête *d* qui, dans cette face, se trouve à droite, puis l'arête *d* qui est parallèle à la première, il sera impossible, en retournant le rhomboèdre de n'importe quelle façon, de venir placer la dernière arête, à droite, dans une face antérieure. D'ailleurs, la notation

$$\Lambda^3,\ 3\Lambda^2 < \begin{matrix} \lambda^2 \\ \lambda'^2 \end{matrix},$$

que nous avons trouvée pour le rhomboèdre page 29, le prouve. Si l'on moule le solide avec un λ^2 dirigé vers le spectateur, par exemple, on pourra introduire le solide dans ce moule de deux façons différentes pour chaque λ^2, mais il ne sera pas possible de l'y introduire en dirigeant un λ'^2 vers le spectateur; autrement λ'^2 serait de *même espèce* (*) que λ^2, ce qui n'est pas. La notation habituelle n'indique pas cette propriété, ne montre pas que l'*axe joignant les milieux de deux arêtes* d *parallèles est hétéropolaire*, ne dit pas que *suivant cet axe pourra se produire un phénomène de polarité, si la seule condition nécessaire pour sa possibilité est que l'on puisse distinguer une extrémité de l'axe de l'autre extrémité.*

De même, dans le prisme orthorhombique, les éléments de même espèce, qui sont au nombre de 2 ou de 4, sont identiques entre eux, mais des 8 arêtes basiques désignées par *b*, il y en a quatre identiques entre

(*) Ici l'expression *même espèce* est employée dans sa vraie acception, définie page 10

elles et quatre ne pouvant jamais venir occuper dans le moule la place des premières; chaque groupe est formé de deux arêtes parallèles d'une base et des deux arêtes qui, dans l'autre base, ne sont pas parallèles aux premières.

Dans le prisme clinorhombique, tout ce qui se trouve d'un côté du plan de symétrie ne peut être superposé à ce qui se trouve de l'autre côté : les bases, les angles *a*, les angles *o*, les arêtes *h* sont des éléments de même espèce, identiques; au contraire, l'arête *g* de droite pourra être distinguée de l'arête *g* de gauche; des 4 angles *e*, les deux qui sont situés aux extrémités d'une arête *g* sont identiques et viennent se superposer par rotation de 180° autour de l'axe binaire, mais ils diffèrent géométriquement des deux *e* situés aux extrémités de l'autre arête *g*, etc.

Dans le clinoèdre, les éléments de même espèce sont au nombre de 2 et ne sont jamais superposables; on pourra distinguer, par exemple, la face *p* supérieure de l'inférieure, etc.

Il serait bon d'appeler *éléments correspondants ceux qui se correspondent par rapport au centre ou à un plan de symétrie, ou qui viennent en coïncidence par rotation autour d'un axe de symétrie,* en réservant le nom d'*éléments de même espèce seulement à ceux qui peuvent être mis l'un à la place de l'autre dans le moule du polyèdre,* c'est-à-dire à *ceux qui peuvent venir en coïncidence par rotation autour d'un axe de symétrie.* Ainsi les quatre angles *e* du prisme clinorhombique seraient des angles *correspondants de deux espèces différentes.*

Observation sur le symbole du groupe sphénoédrique.

Le symbole habituel Λ^2, $2L^2$, $2P'$ *représente une impossibilité géométrique;* on a vu, en effet (p. 21), que dans un polyèdre n'ayant qu'*un ordre d'axes de deux espèces,* il n'y a qu'une combinaison possible : un seul axe hétéropolaire $\Lambda^n < {}^{\lambda^n}_{\lambda'^n}$. En réalité, les deux axes binaires que l'on désigne par L^2 sont d'*espèce différente;* quoique ayant même longueur, ils peuvent être distingués entre eux : une fois que le sphénoèdre a été orienté avec un

des L^2 dirigé vers le spectateur, il est impossible d'amener vers celui-ci l'autre axe, tout en conservant au solide une orientation semblable à la primitive. De même, les quatre arêtes latérales ne sont superposables que de deux en deux. Le sphénoèdre doit être rapporté à la sixième catégorie : *Polyèdres à un ordre d'axes, de trois espèces différentes ;* son symbole doit s'écrire

$$\Lambda^2,\ L^2,\ L_1^2,\ 2P'.$$

DES MACLES

PAR

G. CESÀRO

CHARGÉ DU COURS DE MINÉRALOGIE A L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE

(Présenté à la Classe des sciences, dans la séance du 4 février 1893.)

INTRODUCTION

On sait que l'on appelle *macle* l'ensemble de deux cristaux identiques, placés de manière que l'un d'eux soit le symétrique de l'autre par rapport à un plan appelé *plan de macle,* et que l'*axe d'hémitropie* est une droite autour de laquelle, en tournant de 180°, l'un des cristaux peut venir coïncider avec l'autre. La sagacité des cristallographes a été exercée par la recherche de l'axe d'hémitropie de certaines macles, par exemple de celle de la chalcopyrite avec b^1 pour plan de jonction, macle sur laquelle on a publié cinq mémoires depuis 1822 jusqu'à 1883 ; en réalité, cette macle n'a pas d'axe d'hémitropie. M. Mallard est le premier, pensons-nous, qui, dans un article publié par la Société minéralogique de France (t. VIII, p. 452), a indiqué des règles générales pour la recherche de l'axe d'hémitropie. En considérant, dans les cristaux hémiédriques, les macles qui n'ont pas pour axe d'hémitropie la normale au plan de macle, M. Mallard a cherché la condition nécessaire pour qu'il y ait un axe d'hémitropie ; cette condition peut s'énoncer ainsi : « Dans une macle de cristaux hémiédriques dans » laquelle la normale au plan de macle n'est pas un axe d'hémitropie, il » n'existe un axe d'hémitropie que si le plan de macle passe par un axe » binaire déficient dans le groupe hémiédrique considéré. » C'est de là que M. Mallard conclut que la macle de la chalcopyrite, dont il a été question ci-dessus, n'a pas d'axe d'hémitropie. Mais cette conclusion n'est pas légitime. Il existe, en effet, des macles antihémiédriques symétriques, dont le plan de macle ne passe pas par un axe binaire déficient, et qui cependant ont un

axe d'hémitropie : il suffit, pour s'en convaincre, d'examiner, dans le groupe sphénoédrique même, une macle suivant une face de la forme h^m ; cette face ne passe pas par un axe binaire déficient, et cependant la macle admet un axe d'hémitropie horizontal à 45° de la normale au plan de macle. De ce que le plan de macle passe par un axe binaire déficient, on peut conclure à l'hémitropie; mais de ce que le plan de macle ne passe pas par un axe binaire déficient, on ne peut conclure qu'il n'y a pas d'axe d'hémitropie.

La confusion provient de ce que le savant cristallographe français, dans cette esquisse faite à grands traits, a bien observé que les formes hémiédriques conjuguées non holoaxes peuvent s'échanger l'une avec l'autre par une rotation de 180° autour d'un axe binaire déficient, mais n'a pas songé aux autres moyens par lesquels on peut arriver au même résultat. C'est pour cela que nous avons pensé à chercher tous les axes d'hémitropie dont une macle est susceptible. Nous avons d'abord traité la question plus généralement, en considérant, dans une *première partie,* deux positions quelconques P et P' qu'un même polyèdre à axes de symétrie occupe dans l'espace et cherchant tous les axes de rotation qui peuvent amener P en P'. Dans une *deuxième partie,* nous avons considéré le cas particulier où P et P' sont symétriques par rapport à un plan, c'est-à-dire en position de macle. Enfin, dans une *troisième partie,* nous avons considéré les macles au point de vue cristallographique. Le cas où l'on a affaire à des cristaux holoédriques ne diffère pas essentiellement du cas examiné dans la deuxième partie; mais dans les cristaux hémiédriques, des faces physiquement différentes peuvent se correspondre par rapport au plan de macle et l'axe d'hémitropie doit non seulement amener le polyèdre sur le polyèdre, mais les faces de même nature au contact les unes des autres. Nous avons dans tous les cas cherché tous les axes d'hémitropie et déterminé toutes les macles qui admettent de tels axes.

Nous devons faire une observation sur les macles dans les groupes hémiédriques holoaxes. Les macles hémiédriques se conçoivent de la façon suivante : Prenons deux solides holoédriques identiques P et P' et

sur chacun d'eux marquons d'une façon spéciale les faces de la forme directe et celles de la forme inverse; pour fixer les idées, supposons que les premières aient été marquées en bleu, les secondes en rouge. P ayant été fixé par rapport au plan de macle, si l'on essaye de placer P' de manière qu'il soit symétrique de P par rapport à ce plan, on démontrera que cela ne peut se faire, en général, que d'une seule façon : les faces rouges de P doivent être mises en regard des faces bleues de P'; cette macle, qui est possible dans tous les groupes hémiédriques, est appelée *asymétrique*. Cependant, dans les groupes à formes conjuguées superposables, c'est-à-dire dans les groupes hémiédriques non holoaxes, on démontrera qu'il y a un second moyen de placer P' symétrique de P par rapport au plan de macle, et rien qu'un seul : les faces de même couleur se trouvent en regard dans les deux polyèdres; c'est la macle *symétrique*. Dans les groupes hémiédriques holoaxes, les formes conjuguées ne pouvant plus être remplacées l'une par l'autre, il n'y a que la macle *asymétrique* qui soit possible; d'après la définition même, elle est formée de deux cristaux de même rotation. C'est la macle présentée par les cristaux de sucre.

Il est vrai que l'on pourrait considérer une macle formée d'un cristal droit et d'un cristal gauche, les faces de la forme droite étant sur le premier en correspondance des faces de la forme gauche sur le second; mais cette macle, *au point de vue où nous nous sommes placé,* ne diffère pas de la première, vu qu'en supposant les solides holoédriques complets, les faces de la forme directe de P sont les symétriques des faces de la forme inverse de P' dans les deux macles. En d'autres termes, ces macles, toutes les deux *asymétriques,* devraient être définies ainsi : 1° macle asymétrique formée de deux cristaux de même rotation; 2° macle asymétrique formée de deux cristaux de rotations contraires. Nous avons laissé de côté ce second genre de macle, qui d'ailleurs n'admet pas évidemment d'axe d'hémitropie ou de coïncidence, car, après une rotation qui amènerait la coïncidence des faces de même nature existant ou non dans les cristaux, on aurait toujours un cristal faisant tourner à droite le plan de polarisation et un cristal qui le

ferait tourner à gauche. Ce genre d'assemblage doit être assimilé au groupement régulier de *deux substances différentes*.

Nous avons étendu la théorie aux macles des cristaux tétartoédriques. Dans celles-ci, il est moins aisé de préciser la composition de la macle par les mots *symétrique* et *asymétrique*, sans indiquer la position de l'axe d'hémitropie ou de coïncidence autour duquel, en tournant, l'un des cristaux peut venir coïncider avec l'autre; cependant, on peut y parvenir de la façon suivante : les quatre formes tétartoédriques a, a', b, b' sont toujours deux à deux géométriquement égales; par exemple : $a = b'$, $a' = b$; quant à a et a', b et b', elles sont symétriques entre elles soit par rapport au centre, soit par rapport à un plan de symétrie du solide holoédrique et ne sont pas, par conséquent, en général, superposables entre elles. De sorte qu'à a ne peut correspondre de l'autre côté du plan de macle que b ou a'; on a donc deux macles possibles. Chaque macle sera définie en précisant le plan de macle et en indiquant que les formes qui se correspondent par rapport à ce plan sont celles qui, dans le solide holoédrique, se correspondent par rapport au centre ou par rapport à tel ou tel groupe de plans de symétrie. Si les formes a et a' sont superposables entre elles, outre les deux genres précédents, il y aura deux autres sortes de macles obtenues en substituant dans les précédentes, dans un des polyèdres, a' à a, b' à b. Dans l'une (celle dans laquelle a correspond à b'), les formes qui se correspondent par rapport au plan de macle sont géométriquement égales (même dans le cas général), mais physiquement différentes; dans l'autre se trouvent en correspondance des formes identiques géométriquement et physiquement.

DES MACLES

PREMIÈRE PARTIE.

SUR LES AXES QUI PEUVENT AMENER UN POLYÈDRE D'UNE POSITION A UNE AUTRE.

Définitions. — On sait qu'un polyèdre peut être amené d'une position P à une position P' par une rotation d'amplitude constante autour d'un axe de direction constante et par une translation qui varie avec la position particulière que l'axe occupe dans l'espace. Dans ce qui suit, nous faisons abstraction de la translation et nous disons que deux positions coïncident lorsqu'elles ne diffèrent que par une translation; de sorte qu'il n'existe qu'*un axe* pouvant amener P en P'. Le théorème de cinématique auquel nous faisons allusion suppose que le polyèdre considéré *ne peut occuper dans l'espace plusieurs positions identiques en apparence;* mais si le polyèdre possède des axes de symétrie, comme nous allons le voir, il existe plusieurs directions autour desquelles, en tournant, P peut venir en P'. Toute droite jouissant de cette propriété sera appelée *axe de coïncidence;* l'axe est déterminé par sa direction L, par l'amplitude 2ω de la rotation (*) qui doit être effectuée autour de L pour amener la coïncidence et par le sens de cette rotation; il sera représenté par $L_{2\omega}$. On appellera *axe d'hémitropie* tout axe de coïncidence correspondant à une rotation de 180°; un axe d'hémitropie sera donc représenté par L_π. On a évidemment $L_{2\omega} = L_{-2(\pi-\omega)}$ et, en particulier, $L_\pi = L_{-\pi}$.

Théorème I. — *Si $L_{2\omega}$ est un axe de coïncidence pouvant amener un polyèdre de P en P', P et P' étant des positions qui peuvent être distinguées entre elles* (**), *si le polyèdre possède des Λ^n, Λ^p, Λ^q respectivement en nombre* N, P, Q, *le nombre total des axes de coïncidence pouvant amener le polyèdre de P en P' est*

$$1 + N(n-1) + P(p-1) + Q(q-1).$$

(*) On suppose $2\omega \leqq 2\pi$.

(**) Voir l'observation, page 12.

A chaque Λ_n *correspondent* $n-1$ *axes de coïncidence situés dans un plan passant par* $L_{2\omega}$ *et faisant un angle* ω *avec le plan déterminé par cette dernière droite et le* Λ_n *considéré.*

Remplaçons P' successivement par les positions P'_1, P'_2... lui identiques en apparence; nous pouvons amener P en chacune de ces positions par rotation autour d'un axe et seulement autour d'un axe; car, une fois que ces positions ont été marquées de manière à pouvoir être distinguées les unes des autres, elles constituent des polyèdres sans axes de symétrie; en outre, deux quelconques des axes ainsi obtenus différeront entre eux soit par leur direction, soit par la rotation qui leur correspond, soit par le sens de celle-ci. Il y aura donc autant d'axes de coïncidence qu'il y a de positions identiques en apparence que le polyèdre peut occuper dans l'espace, c'est-à-dire (voir théorème IX [*] du mémoire : *Des polyèdres qui peuvent occuper dans l'espace plusieurs positions identiques*)

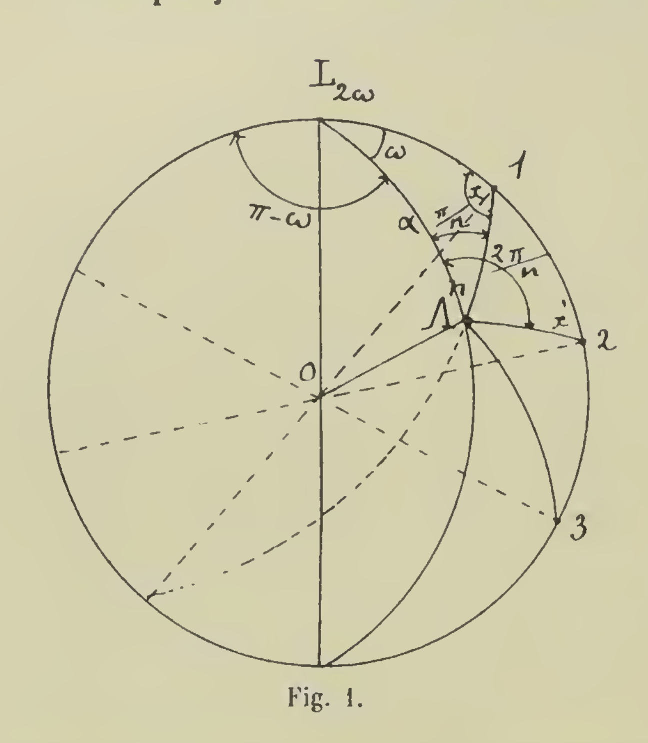


Fig. 1.

$$\nu = 1 + N(n-1) + P(p-1) + Q(q-1)$$

Pour déterminer la position de ces axes, au lieu d'amener P directement en P'_1, amenons-le d'abord en P' autour de $L_{2\omega}$, puis faisons-lui subir la rotation $\frac{2\pi}{n}$ autour d'un Λ'' qui amène P' en P'_1. En composant ces rotations par la règle d'Euler (**), nous aurons (fig. 1) en O1 l'axe de coïncidence qui amènera P en P'_1; l'amplitude de la rotation sera $2x$. De même, pour amener P en P'_2, après lui avoir fait subir la rotation 2ω autour de L, on le fera tourner de $\frac{4\pi}{n}$ autour de Λ''; les deux axes donneront l'axe résultant O2, avec amplitude $2x'$, et ainsi de suite.

(*) Dans notre premier mémoire, nous avons représenté par N le nombre d'*axes simples* d'ordre n; ici, comme la considération des axes simples est inutile, pour abréger l'écriture, nous représentons par N le nombre d'*axes composés* d'ordre n.

(**) Voir le mémoire cité ci-dessus, page 23.

L'amplitude $2x$ d'une quelconque de ces $n - 1$ rotations sera donnée par

$$\cos x = -\cos\omega\cos\frac{k\pi}{n} + \sin\omega\sin\frac{k\pi}{n}\cos\alpha, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

α représentant l'angle que fait le Λ^n considéré avec L_{2x}, et $k = 1, 2, 3 \ldots (n-1)$.

Nous avons considéré les positions P'_1, P'_2 ..., identiques en apparence à P' et auxquelles on parvient par rotation autour d'un Λ^n; elles nous ont donné, outre $L_{2\omega}$, $n - 1$ axes situés dans un plan faisant un angle ω avec le plan $\Lambda^n L_{2\omega}$; si, après être revenu à la position initiale P', pour continuer à obtenir toutes les positions identiques en apparence à P', nous faisons tourner ce polyèdre autour d'un Λ_p (voir théorème VIII, *loc. cit.*), nous aurons encore $p - 1$ axes de coïncidence situés dans un même plan, et ainsi de suite.

On pourrait croire pouvoir obtenir d'autres axes de coïncidence en remplaçant P, avant de l'amener en P', par une des positions P_1, P_2 ..., identiques en apparence à P; mais il est facile de se convaincre que l'on retombe sur des axes déjà obtenus. En effet, si nous partons de P_1, par exemple, en le faisant tourner de 2ω autour de $L_{2\omega}$, nous tombons nécessairement sur une des positions identiques en apparence à P', et comme pour avoir les autres axes de coïncidence nous composons cette rotation avec celles qui ont lieu autour des axes de symétrie, qui forment ici un système placé en définitive comme dans le premier cas, les constructions ci-dessus conduiront aux mêmes axes.

Cas particulier. — Si L_{2x} coïncide avec un Λ_n, les $n - 1$ axes de coïncidence qui correspondent à ce Λ_n coïncident en direction avec ce dernier et sont

$$L_{2\left(\omega+\frac{\pi}{n}\right)}, \quad L_{2\left(\omega+\frac{2\pi}{n}\right)} \ldots L_{2\left[\omega+\frac{(n-1)\pi}{n}\right]}.$$

Remarque. — A cause du théorème XV (*loc. cit.*), le théorème précédent peut aussi s'énoncer :

a) *Un polyèdre qui possède* $\mathfrak{N}$ *axes de symétrie admet* $2(\mathfrak{N} - 1)$ *axes de coïncidence dans le passage d'une position à une autre.*

b) *Un polyèdre qui ne possède qu'un seul axe de symétrie donne lieu à* n *axes de coïncidence, si* n *est l'ordre de l'axe.*

Corollaire. — *Si* $L_{2\omega}$ *est un axe de coïncidence et non d'hémitropie, il n'y aura d'axe d'hémitropie que si le polyèdre possède un* Λ^n *faisant avec* $L_{2\omega}$ *un angle donné par*

$$\cos\alpha = \cot\omega \cot\frac{k\pi}{n}, \qquad (k = 1, 2 \ldots n-1).$$

Dans ce cas, l'axe d'hémitropie fera respectivement avec $L_{2\omega}$ *et* Λ_n *des angles donnés par*

$$\operatorname{tg}\varphi = \operatorname{tg}\alpha\cos\omega, \qquad \sin\psi = \sin\alpha\sin\omega.$$

En effet, pour que l'un des axes 1, 2 ... soit d'hémitropie, il faut que l'un des x devienne de 90°, ce qui exige la condition indiquée ci-dessus.

Théorème II. — *S'il existe un axe d'hémitropie* L_π *pouvant amener un polyèdre de P en P', il n'existe d'autres axes d'hémitropie que si le polyèdre possède un* Λ^n *perpendiculaire à* L_π; *dans ce cas il existe, dans un plan perpendiculaire à* Λ^n, n *axes d'hémitropie en tout, faisant entre eux des angles* $\frac{\pi}{n}$.

En effet, supposons $\omega = 90°$ dans la figure 1 : parmi les axes 1, 2, 3 ..., il y en aura un qui sera d'hémitropie, lorsque x ou x' ... sera de 90°; mais pour cela il faut que Λ^n soit le pôle du cercle 123 et que, par conséquent, l'axe Λ^n soit perpendiculaire à L_π. Dans ce cas, tous les angles x sont droits et les axes L, 1, 2, 3 ... sont des axes d'hémitropie et font entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$.

Théorème III. — *S'il existe un axe d'hémitropie* L_π *dans le passage de P en P', si* N', P', Q' *sont respectivement les nombres d'axes* Λ^n, Λ^p, Λ^q, *situés dans un plan* S *perpendiculaire à* L_π, *le nombre total d'axes d'hémitropie sera*

$$X = 1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1).$$

En effet, d'après le théorème précédent, il existera (fig. 2) dans un plan normal à un Λ^n, outre L_π, $n-1$ axes d'hémitropie faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$, dans un plan normal à chaque Λ_p, $p-1$ axes d'hémitropie inclinés l'un sur l'autre de $\frac{\pi}{p}$, et ainsi de suite; il est d'ailleurs évident que ces axes ont tous des directions différentes, car si deux d'entre eux coïnci-

daient, étant normaux à deux droites différentes du plan S, ils coïncideraient avec L_π, ce qui est impossible. Comme dans le plan S il y a N′ axes Λ^n, P′ axes Λ^p, etc., le nombre total d'axes d'hémitropie sera

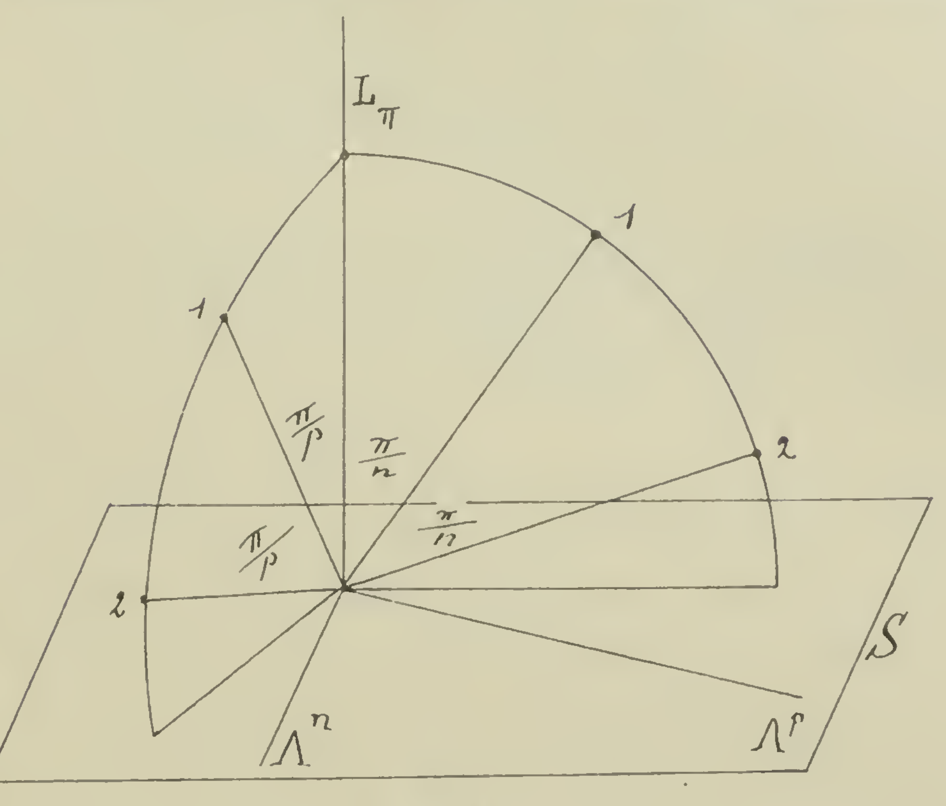


Fig. 2.

$$1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1).$$

Corollaire. — *Si dans un polyèdre on considère un plan perpendiculaire à un axe de symétrie d'ordre pair et qu'on ajoute les nombres obtenus en retranchant l'unité de l'ordre de chaque axe de symétrie y contenu, la somme est constante et égale le nombre total des axes d'ordre pair diminué d'une unité.*

En effet, considérons les positions P et P' du polyèdre avant et après rotation de 180° autour de l'axe d'ordre pair considéré; P et P' seront des positions identiques en apparence et l'axe d'ordre pair un L_π dans le passage de P en P'. Le nombre total de tous les L_π sera, d'après le théorème précédent, $1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1)$, en désignant par N′, P′, Q′ les nombres de Λ^n, Λ^p, Λ^q contenus dans le plan perpendiculaire à l'axe d'ordre pair considéré en premier lieu. Mais ces L_π amenant le polyèdre en des positions identiques en apparence à la primitive par des rotations de 180°, sont les axes de symétrie d'ordre pair du polyèdre; donc, si B est le nombre de ces axes, on a

$$1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1) = B,$$

ou

$$N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1) = B - 1.$$

Exemple. — Dans les polyèdres appartenant à la première catégorie (*loc. cit.*, p. 22), on a $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$; donc $B = 9$.

Perpendiculairement à un Λ^4, il existe $2\Lambda^4$, $2\Lambda^2$, et $2.3 + 2.1 = 8$.

— — Λ^2 — Λ^4, $2\Lambda^3$, Λ^2, et $1.3 + 2.2 + 1.1 = 8$.

Remarque. — Si le polyèdre est centré, le plan perpendiculaire à un axe d'ordre pair est un plan de symétrie, de sorte que le corollaire précédent peut alors s'énoncer :

Dans tout polyèdre ayant un centre (*), *si l'on considère les différents plans de symétrie et que dans chacun d'eux on ajoute les nombres obtenus en retranchant l'unité de l'ordre de chaque axe y contenu, cette somme est constante et égale le nombre total de plans de symétrie diminué d'une unité.*

Observation sur les théorèmes précédents. — Le théorème I devient illusoire si les positions considérées P et P' sont identiques en apparence; en effet, pour avoir tous les axes de coïncidence, nous avons remplacé P' par les positions lui identiques en apparence; chaque position nous a donné un axe de coïncidence; mais, parmi ces positions, dans notre cas, il y en a une identique en réalité à P, et pour amener P en P on ne peut y parvenir que par une rotation de 360°, et toute rotation de 360° autour d'un axe quelconque répond à la question (**). Mais, une fois que les axes $L_{2\pi}$ sont écartés par l'énoncé même, comme dans les théorèmes II et III, dans lesquels il ne s'agit que d'axes L_{π}, la propriété subsiste et peut être appliquée même au cas où les positions P et P' sont identiques en apparence, comme nous l'avons fait dans le corollaire du théorème III.

(*) Voir l'Appendice de ce mémoire.

(**) Si l'on convient de faire abstraction de ces $L_{2\pi}$, le nombre d'axes de coïncidence pouvant amener un polyèdre d'une position à une autre, identique en apparence à la première, est $N(n-1) + P(p-1) + Q(q-1)$, chaque groupe de $n-1$ axes coïncidant en direction avec un Λ^n.

Ainsi un cube $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$ peut venir de 24 façons différentes d'une position à une autre, si ces positions peuvent être distinguées entre elles; mais si les positions sont identiques en apparence, le nombre des rotations, qui s'effectuent alors autour des 13 axes de symétrie, est de 23.

DEUXIÈME PARTIE.

DES MACLES AU POINT DE VUE GÉOMÉTRIQUE.

On appelle *macle* l'ensemble de deux polyèdres identiques, géométriquement placés, de manière que l'un d'eux soit le symétrique de l'autre par rapport à un plan appelé *plan de macle*. Les expressions *axe de coïncidence*, *axe d'hémitropie* gardent la même signification que dans la première partie. Les théorèmes à appliquer dans la deuxième partie ne sont qu'un cas particulier de ceux démontrés dans la première, le cas où les positions désignées par P et P' sont symétriques par rapport à un plan.

Le problème de la recherche de l'axe d'hémitropie dans les macles se pose ainsi :

Étant donné deux positions P *et* P' *d'un même polyèdre, symétriques par rapport à un plan, chercher une droite autour de laquelle, en tournant de 180°, l'une des positions puisse venir coïncider avec l'autre.*

Ou bien :

Étant donné un polyèdre et un plan, chercher une direction autour de laquelle, en tournant de 180°, le polyèdre puisse venir prendre une position symétrique de la position initiale par rapport au plan.

Par définition même, il n'y a que les polyèdres superposables à leur image qui puissent constituer des macles. Or, on sait qu'il n'y a que trois classes de polyèdres répondant à cette condition (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, t. XXII, n°s 9-10, 1891, p. 229) :

Première classe : *Polyèdres qui ont un centre.*

Deuxième classe : *Polyèdres qui possèdent un plan de symétrie.*

Troisième classe : *Polyèdres qui, sans avoir de centre ni de plan de symétrie, possèdent un* A^n *d'ordre pair, perpendiculairement auquel les sections équidistantes du centre de gravité* (*) *du polyèdre sont deux à deux égales et tournées l'une par rapport à l'autre de* $\frac{\pi}{n}$.

(*) Il est facile de voir que le point C (*Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, loc. cit., p. 234, fig. 4) est le centre de gravité du polyèdre, car deux à deux les sections égales ont leurs centres de gravité sur A^n et à égale distance de C; donc, etc.

Nous allons d'abord chercher un axe de coïncidence ou d'hémitropie dans les macles formées par les polyèdres de chaque classe; les théorèmes démontrés dans la première partie nous donneront tous les axes d'hémitropie.

Théorème I. — *Toute macle formée par un polyèdre centré a un axe d'hémitropie perpendiculaire au plan de macle.*

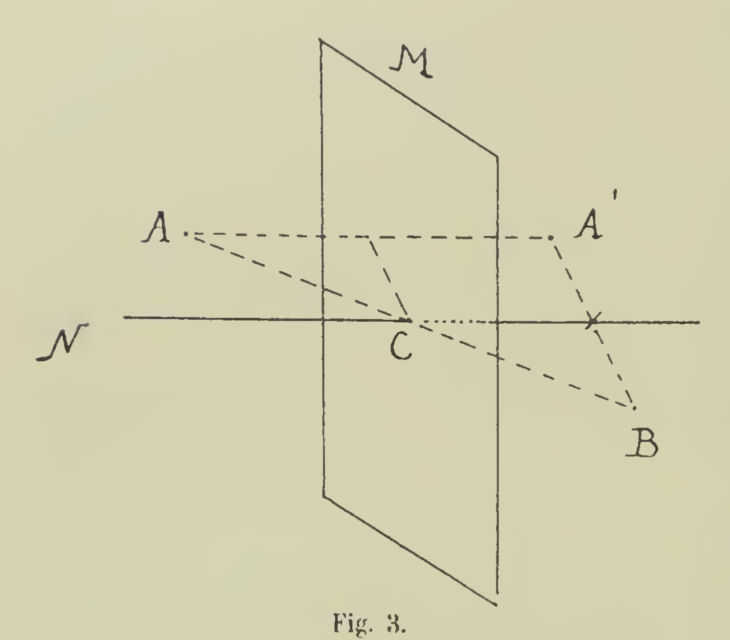


Fig. 3.

En effet (fig. 3), soit M le plan de macle passant par le centre, A un sommet quelconque de *P*; en prenant CB = CA, B est aussi un sommet de *P*. Le point A', symétrique de A par rapport à M, est un sommet de *P'*, et l'on voit qu'une rotation de 180° autour de la normale N au plan de macle amène A' en B.

Théorème II. — *Toute macle formée par un polyèdre ayant un plan de symétrie a pour axe de coïncidence la droite d'intersection du plan de macle et du plan de symétrie : si ω est l'angle de ces deux plans, l'amplitude de la rotation est 2ω.*

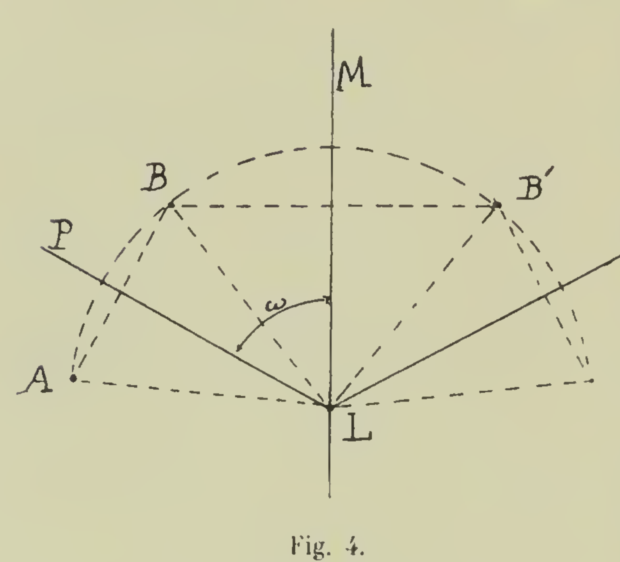


Fig. 4.

Soit A un sommet quelconque de *P*. Prenons pour plan de la figure le plan mené par A perpendiculairement à l'intersection du plan de macle M et du plan de symétrie P. Le point B, symétrique de A par rapport à P, est aussi un sommet de *P*; le point B', symétrique de B par rapport à M, est un sommet de *P'*. On voit facilement que $\widehat{ALB'} = 2\omega$; donc une rotation 2ω autour de L amène A en B'.

Corollaire. — Si $\omega = 90°$, L est un axe d'hémitropie; donc :

Si le plan de macle est perpendiculaire à un plan de symétrie du polyèdre, l'intersection de ces deux plans est un axe d'hémitropie.

THÉORÈME III. — *Toute macle formée par un polyèdre de la troisième classe a un axe de coïncidence faisant avec* Λ'' *et avec la normale au plan de macle des angles donnés respectivement par*

$$\cot x = \cot \alpha \cos \frac{\pi}{2n}, \quad \operatorname{tg} y = \sin \alpha \operatorname{tg} \frac{\pi}{2n},$$

α *représentant l'angle de ces deux droites. L'amplitude de la rotation* 2ω *est donnée par*

$$\cos \omega = \cos \alpha \sin \frac{\pi}{2n}.$$

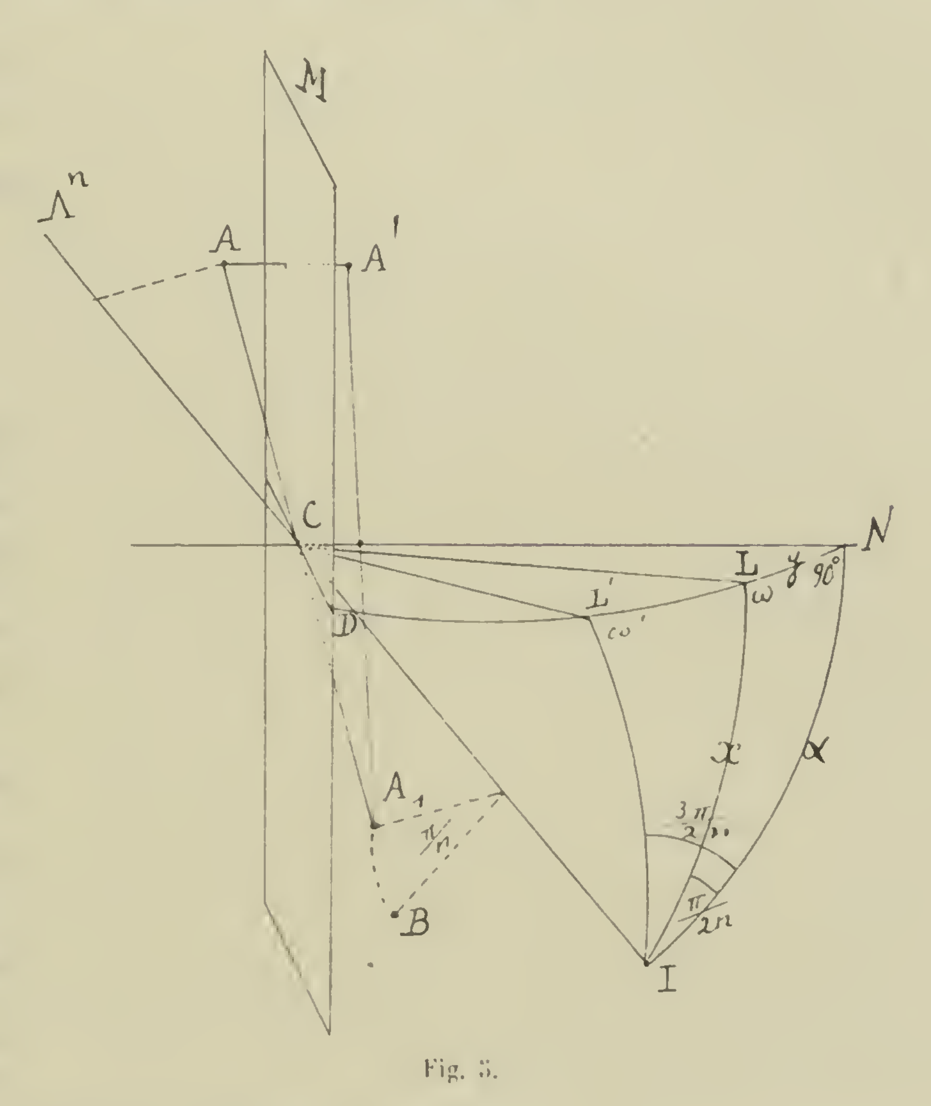


Fig. 5.

Le plan de la figure 5 est $N\Lambda''$; on suppose le plan de macle passant par le centre de gravité C. Soit A un sommet de P, A_1 sera un sommet du polyèdre symétrique de P par rapport à C, A′ un sommet de P'. Une rotation de 180° autour de N amène A′ en A_1 et une rotation $\frac{\pi}{n}$ autour de Λ'' amène A_1 en un point B, qui est un sommet de P (*).

Ces rotations se composent, par le triangle d'Euler INL, en une rotation unique autour de l'axe de coïncidence CL. Les quantités x, y, ω se calculent dans le triangle ILN.

Remarque. — Pour que l'un des axes CL, CL′ … soit d'hémitropie, il faut que l'un des ω soit de 90°, ce qui exige que I soit le pôle du cercle DL′LN,

(*) Voir *Bull. de l'Acad. roy. de Belg.*, loc. cit.

c'est-à-dire que l'axe Λ^n doit être dans le plan de macle; dans ce cas, $y = \frac{\pi}{2n}$ et tous les axes CL, CL' sont d'hémitropie. Donc :

Dans une macle formée par un polyèdre de la troisième classe, lorsque le plan de macle passe par l'axe de symétrie inverse Λ^n du polyèdre, il existe, dans un plan perpendiculaire à cet axe, n *axes d'hémitropie faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$ et placés deux à deux symétriquement par rapport à la normale au plan de macle.*

Théorème IV. — *Si la normale au plan de macle est un axe d'hémitropie, il n'y a d'autres axes d'hémitropie que lorsque le plan de macle passe par un Λ^n; dans ce cas, il existe perpendiculairement à ce Λ^n,* n *axes d'hémitropie en tout, faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$. Si* N', P', Q' *sont les nombres de Λ^n, Λ^p, Λ^q situés dans le plan de macle, le nombre total d'axes d'hémitropie sera*

$$1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1).$$

Ce théorème découle immédiatement des théorèmes II et III démontrés dans la première partie. Il s'applique aux macles formées par un polyèdre centré.

Théorème V. — *Si $L_{2\omega}$ est un axe de coïncidence et non d'hémitropie dans une macle formée par un polyèdre qui ne possède que des axes binaires, il n'existera un axe d'hémitropie que si l'axe de coïncidence est normal à un axe binaire. Dans ce cas, l'axe d'hémitropie est normal à l'axe de coïncidence et fait un angle ω avec l'axe binaire.*

Ce théorème se déduit immédiatement du corollaire du théorème I de la première partie. On a vu, en effet, que l'existence d'un axe d'hémitropie exigeait la présence d'un Λ^n faisant avec $L_{2\omega}$ un angle α donné par

$$\cos\alpha = \cot\omega \cot\frac{k\pi}{n}, \quad (k = 1, 2 \ldots n-1).$$

Dans notre cas, ce Λ^n ne pouvant être qu'un Λ^2, on a $n = 2$, $k = 1$, et par conséquent $\alpha = 90°$. En outre, les angles φ et ψ que fait l'axe d'hémitropie respectivement avec $L_{2\omega}$ et Λ^2 deviennent, dans notre cas, $\varphi = 90°$, $\psi = \omega$.

TROISIÈME PARTIE.

LES MACLES AU POINT DE VUE CRISTALLOGRAPHIQUE.

Dans les groupes holoédriques, les formes identiques géométriquement étant aussi physiquement identiques, il suffit, pour chercher l'axe d'hémitropie, d'appliquer les théorèmes exposés dans la deuxième partie. Il n'en est plus de même lorsqu'il s'agit des groupes hémiédriques; dans ceux-ci, il peut exister des solides identiques au point de vue géométrique, mais différents par la nature de leurs faces. Ainsi, il existe deux tétraèdres réguliers, pouvant être, dans la blende, distingués entre eux, parce que les faces de l'un d'eux sont ternes, celles de l'autre brillantes; on pourra donc avoir une macle formée de deux tétraèdres de même espèce ou de deux tétraèdres d'espèces différentes. Pour bien saisir ce genre de macle et pour préciser dans ce cas ce qu'on appelle axe de coïncidence ou d'hémitropie, voici comment il faut procéder :

Prenons deux solides holoédriques identiques P et P', et sur chacun d'eux marquons d'une façon spéciale les faces de la forme directe et celles de la forme inverse; pour fixer les idées, supposons que les premières aient été marquées en bleu, les secondes en rouge. P ayant été fixé par rapport au plan de macle, essayons de placer P' de manière qu'il soit symétrique de P par rapport à ce plan. D'abord la chose est possible, vu que les solides holoédriques sont centrés. Mais de combien de façons pourra-t-on y parvenir? Il est facile de voir que cela ne pourra se faire que de deux façons distinctes dans les groupes hémiédriques non holoaxes, et d'une seule manière dans les groupes hémiédriques holoaxes. En effet, les formes conjuguées dans le polyèdre holoédrique sont toujours symétriques entre elles soit par rapport au centre, soit par rapport à un plan de symétrie, de manière qu'elles constituent l'une l'image de l'autre par rapport à un plan quelconque; donc,

dès que nous placerons une face rouge de P' en regard d'une face bleue de P, symétriquememt par rapport au plan de macle, toutes les faces rouges de P' se placeront symétriques des faces bleues de P, et réciproquement. Si, au contraire, nous plaçons une face bleue de P' en regard d'une face bleue de P, toutes les faces bleues doivent être en regard dans les deux polyèdres, car si une face bleue se trouvait en regard d'une rouge, d'après ce qui précède, toutes les autres offriraient la même disposition. Mais il n'est pas dit que lorsque les faces de même couleur se correspondent par rapport au plan de macle, P' puisse être le symétrique de P; pour que cela soit possible, il faut que les faces bleues, par exemple, constituent un solide qui puisse être lui-même son symétrique; en d'autres termes, il faut que les formes conjuguées soient géométriquement superposables. On sait que cela arrive dans les groupes hémiédriques non holoaxes, dans lesquels les solides hémiédriques ont toujours soit un centre, soit un plan de symétrie, et sont, par conséquent, superposables à leur image. Il n'en est pas de même dans les groupes hémiédriques holoaxes, vu que les formes conjuguées de ces groupes ne sont pas superposables.

Il résulte de ce qui précède que dans les groupes hémiédriques il n'y a que deux genres de macle possibles :

a) *Macle asymétrique.* C'est celle dans laquelle la forme directe de l'un des cristaux correspond, par rapport au plan de macle, à la forme inverse de l'autre. Elle est possible dans tous les groupes.

b) *Macle symétrique.* C'est celle dans laquelle les formes directes des deux cristaux se correspondent par rapport au plan de macle, ainsi que les formes inverses. Cette macle n'est possible que dans les groupes hémiédriques non holoaxes.

D'après ce qui précède, la définition de *macle* et d'*axe de coïncidence* doit être un peu modifiée lorsqu'il s'agit de cristaux :

On appelle *macle* l'ensemble de deux cristaux identiques, placés de manière que l'un d'eux soit le symétrique géométrique de l'autre par rapport à un plan appelé *plan de macle.*

On appelle *axe de coïncidence* toute droite en tournant autour de laquelle un des cristaux peut venir coïncider avec l'autre non seulement au point de vue géométrique, mais aussi au point de vue physique.

Il est bon de faire observer que les solides conjugués ne coexistent pas nécessairement dans le même cristal; lorsqu'on parle de coïncidence, cela veut dire que, *après rotation, les faces de l'un des cristaux ont la même orientation que si elles existaient dans l'autre cristal.*

MACLES DANS LES GROUPES HOLOÉDRIQUES.

Dans ces groupes, les cristaux étant centrés, il suffit, pour la recherche de l'axe d'hémitropie, d'appliquer les théorèmes I et IV de la deuxième partie. Nous résumons ces propriétés en un seul énoncé :

Dans les groupes holoédriques, toute macle a pour axe d'hémitropie la normale au plan de macle; il n'y a d'autres axes d'hémitropie que si ce plan passe par un Λ^n; *dans ce cas, il existe, perpendiculairement à ce* Λ^n, n *axes d'hémitropie en tout, faisant entre eux des angles* $\frac{\pi}{n}$. *Si* N′, P′, Q′ *sont les nombres de* Λ^n, Λ^p, Λ^q *situés dans le plan de macle, le nombre total d'axes d'hémitropie sera*

$$1 + N'(n-1) + P'(p-1) + Q'(q-1).$$

Exemples. — *Système cubique.* — Combinaison d'axes : $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6\Lambda^2$.

Les seuls plans qui donneront plusieurs axes d'hémitropie étant ceux qui passent par un ou plusieurs axes de symétrie, il n'y a que *cinq* (*) catégories de macles ayant d'autres axes d'hémitropie que la normale au plan de macle. Ce sont :

1° *Macle avec une face d'hexatétraèdre* b^m *pour plan de jonction.*

Le plan de macle M (fig. 6) passant par un Λ^4, la macle admet $1 + 1.3 = 4$ axes d'hémitropie, situés dans un plan normal à Λ^4, faisant entre eux des angles de 45°; l'un d'eux coïncide avec la droite N, normale au plan de macle, un autre est situé dans ce plan.

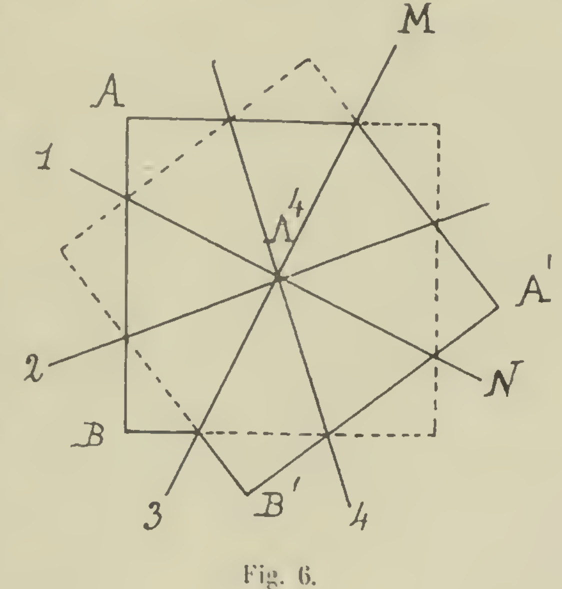


Fig. 6.

(*) Si l'on exclut les plans examinés dans le 4° et le 5°, tout plan passant par plusieurs axes de symétrie est un plan de symétrie et ne peut donc servir de plan de macle.

2° *Macle ayant pour plan de jonction une face d'un dodécatétraèdre provenant d'un biseau sur l'arête du rhombododécaèdre, c'est-à-dire d'une forme de notation* $b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{m+n}}$.

L'arête du rhombododécaèdre étant parallèle à un axe ternaire, les plans de macle ci-dessus passent par un Λ^3; il existe donc $1 + 1.2 = 3$ axes d'hémitropie dans un plan perpendiculaire à ce Λ^3 et faisant entre eux des angles de 60°.

3° *Macle ayant pour plan de jonction une face de trapézoèdre ou d'octotrièdre, c'est-à-dire une face de la forme* a^m $(m \lesseqgtr 2)$.

Le plan de macle ne passant que par un axe binaire, la macle admettra $1 + 1.1 = 2$ axes d'hémitropie, dont l'un situé à l'intersection du plan de macle et du plan de symétrie qui lui est perpendiculaire.

4° *Le plan de macle est une face du trapézoèdre* a^2.

Cette face passe par Λ^3, Λ^2; la macle admet donc $1 + 1.2 + 1.1 = 4$ axes d'hémitropie. Trois de ces axes sont disposés comme dans le 2°; le quatrième, perpendiculaire à Λ^2, devant en outre faire un angle de 90° avec la normale au plan de macle, coïncide avec Λ^3.

5° *Macle des spinelles. Le plan de macle est la face de l'octaèdre.*

La figure 7 représente la projection orthogonale de cette macle sur un des trois plans de symétrie qui passent par Λ^3 et sont normaux, par conséquent, au plan de macle. Ce plan passe par $3\Lambda^2$, aboutissant en α, β, γ, points milieux des arêtes de l'octaèdre : la macle admettra donc $1 + 3.1 = 4$ axes d'hémitropie. Perpendiculairement à chaque Λ^2, il doit exister deux axes d'hémitropie rectangulaires; l'un d'eux coïncidant avec N, l'autre devra se trouver dans le plan de macle; ainsi trois axes d'hémitropie seront situés dans ce plan, normalement aux $3\Lambda^2$ qui s'y trouvent, c'est-à-dire dirigés suivant les bissectrices des angles de 60° que ces Λ^2 font entre eux; ils aboutissent en 1, 2, 3, points milieux des côtés de l'hexagone régulier commun aux deux cristaux. Chacun de ces axes d'hémi-

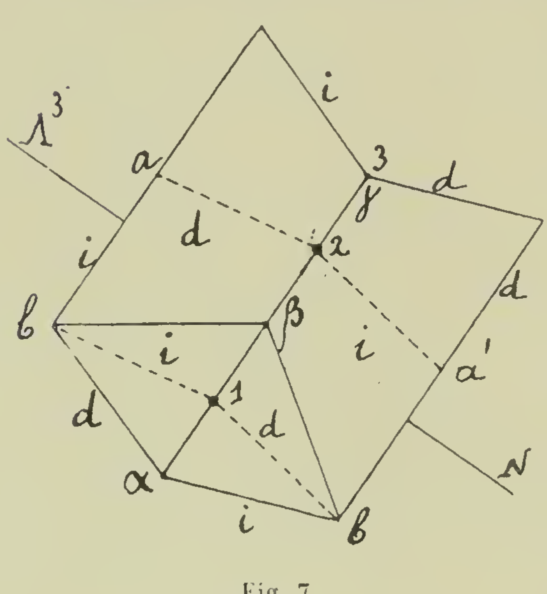


Fig. 7.

tropie étant normal à la fois à un A^3 et un A^2 rectangulaires, est dirigé perpendiculairement à une face a^2.

Vérification. — On aurait pu aussi déterminer la position des *trois* axes d'hémitropie situés dans le plan de macle en s'appuyant sur le corollaire du théorème II (p. 14); ils seront donnés par l'intersection de ce plan avec les trois plans de symétrie qui lui sont normaux et qui, passant par un A^3, doivent nécessairement se croiser sous l'angle de 60°. De ces plans, l'un coïncide avec le plan de la figure, les autres sont $a2a'$ et $b1b'$.

Système rhomboédrique. — Combinaison d'axes : A^3, $3A^2$.

On trouve de même que l'on peut avoir *quatre* catégories de macles présentant plusieurs axes d'hémitropie :

1° *Plan de macle passant par* A^3, c'est-à-dire face d'un prisme dodécagonal $d^{\frac{1}{m}} d^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{m+n}}$. Nombre de $L_\pi = 3$.

2° *Plan de macle passant par* A^2, c'est-à-dire face d'un rhomboèdre. Nombre de $L_\pi = 2$.

3° *Plan de macle passant par* A^3, A^2, c'est-à-dire face du prisme hexagonal e^2. Nombre de $L_\pi = 4$.

4° *Plan de macle passant par* $3A^2$, c'est-à-dire base a^1. Nombre de $L_\pi = 4$.

Ces macles sont identiques aux quatre dernières du système cubique.

Systèmes quadratique et sénaire. — Les macles à plusieurs axes d'hémitropie sont celles qui ont h^m, a^m ou b^m pour plan de macle; les deux dernières catégories ont *deux* axes d'hémitropie rectangulaires, la première a *six* axes à 60° dans le système sénaire, *quatre* axes à 45° dans le quadratique.

Système orthorhombique. — Les macles avec h^m, g^m, a^m ou e^m pour plan de jonction ont seules *deux* axes d'hémitropie qui sont rectangulaires.

Système clinorhombique. — Il n'y a plus que deux axes de coïncidence; ils deviennent d'hémitropie tous les deux lorsque le plan de macle passe par le seul axe binaire du système, c'est-à-dire est une face de la zone ph^1; l'un des axes d'hémitropie est alors situé à l'intersection du plan de macle et du plan de symétrie.

Système anorthique. — Il n'y a plus qu'un seul axe d'hémitropie, la normale au plan de macle.

Citons, comme application, quelques exemples de macles dans les minéraux :

Gypse (*Fer de lance*). Plan de macle h^1. Deux axes d'hémitropie dont l'un vertical.

Orthose (*Macle de Manebach*). Plan de macle p. Deux axes d'hémitropie dont l'un dirigé suivant la courte diagonale de la base (arête pg^1).

Orthose (*Macle de Baveno*). Plan de macle $e^{\frac{1}{2}}$. Ce plan n'appartenant pas à la zone ph^1, il n'y a plus qu'un axe d'hémitropie. Pour chercher l'axe de coïncidence, prenons (fig. 8) pour plan de la figure le plan perpendiculaire à l'intersection des faces p et $e^{\frac{1}{2}}$, c'est-à-dire perpendiculaire à l'arête pg^1 qui se projettera en A; composons les deux rotations de 180° se rapportant aux axes N_π et L^2; nous obtenons comme axe de coïncidence la droite A avec une amplitude 2ω (*); or, comme dans l'orthose $\widehat{pe^{\frac{1}{2}}} = 45°$, la coïncidence s'effectuera par une rotation de 90°. Ainsi la macle de Baveno peut être considérée comme due soit à une rotation de 180° autour d'une normale à $e^{\frac{1}{2}}$, soit à une rotation de 90° autour de l'arête pg^1. Cette seconde façon de l'envisager rapproche cette macle de celle de Manebach : une première rotation de 90° autour de l'arête pg^1 donne le mode de Baveno, une seconde rotation de 90° autour de la même droite donne celui de Manebach. C'est ainsi que l'arête pg^1 sert souvent dans l'adulaire d'axe de groupement cruciforme à quatre cristaux.

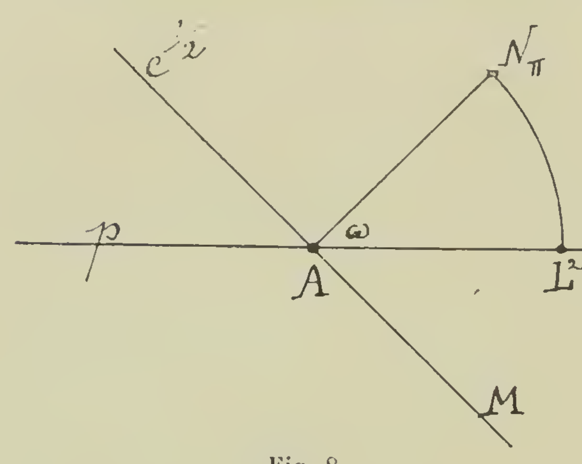


Fig. 8.

Calcite (Plan de macle a^1). C'est la quatrième macle citée ci-dessus dans

(*) Plus généralement, *dans les macles des cristaux clinorhombiques, il y a un axe d'hémitropie normal au plan de macle et un axe de coïncidence, perpendiculaire au plan déterminé par la normale au plan de macle et l'axe binaire, correspondant à une amplitude double de l'angle que ces droites font entre elles.*

le système rhomboédrique : elle est analogue à la *macle des spinelles* (fig. 7), et les quatre axes d'hémitropie y sont disposés de la même façon ; seulement, tandis que dans le système cubique le nombre $2(\mathfrak{N} - 1)$ des axes de coïncidence est de 24, dans les cristaux rhomboédriques il est de 6. On voit facilement que deux axes de coïncidence sont dirigés suivant Λ^3 et correspondent (p. 9, *Cas particulier*) à des rotations de $\frac{\pi}{3}$ et $-\frac{\pi}{3}$, c'est-à-dire qu'on peut aussi amener la coïncidence en faisant tourner, à droite ou à gauche, l'un des cristaux de 60° autour de la verticale.

Albite (*Macle de la Péricline*). Dans cette macle, les cristaux ne sont pas au contact par le plan de macle. L'axe d'hémitropie est l'arête ph^1 et les cristaux sont superposés avec les faces p en contact. Le vrai plan de macle, c'est-à-dire le plan par rapport auquel les deux cristaux sont symétriques, est le plan perpendiculaire à l'axe d'hémitropie ; il diverge peu de g^1 et peut être noté $b^{\frac{1}{25}} d^{\frac{1}{26}} g^1$.

MACLES DANS LES GROUPES HÉMIÉDRIQUES.

A. *Macles dans les groupes non holoaxes.*

THÉORÈME I. — *Toute* MACLE ASYMÉTRIQUE *dans un groupe* ANTIHÉMIÉDRIQUE, *ainsi que toute* MACLE SYMÉTRIQUE *dans un groupe* PARAHÉMIÉDRIQUE, *a pour axe d'hémitropie la normale au plan de macle.*

En effet (fig. 9) :

Premier cas. Si A est le pôle d'une face de la forme directe de P, comme le centre C est supprimé, B sera le pôle d'une face de la forme inverse du même cristal. Comme la macle est asymétrique, D est le pôle d'une face de la forme inverse de P', et l'on voit qu'une rotation de 180° autour de N amène la forme inverse sur la forme inverse, la directe sur la directe.

Second cas. Dans un groupe parahémiédrique, au contraire, comme C est conservé, B sera le pôle d'une face de la forme directe de P. Comme la macle est symétrique, D est le pôle d'une face de la forme directe de P', et une rotation de 180° autour de N amènera la forme directe sur la directe, l'inverse sur l'inverse.

THÉORÈME II. — *L'intersection d'un plan de symétrie avec le plan de macle est un axe de coïncidence dans une* MACLE SYMÉTRIQUE. *L'intersection d'un plan de symétrie* DÉFICIENT *avec le plan de macle est un axe de coïncidence dans une* MACLE ASYMÉTRIQUE. *Dans les deux cas, l'amplitude de la rotation est double de l'angle que font entre eux le plan de macle et le plan de symétrie.*

Premier cas (fig. 9). Si A est le pôle d'une face quelconque de la forme directe de *P*, E sera le pôle d'une face de la même forme et, vu que la macle est symétrique, D sera le pôle d'une face de la forme directe de *P'*. Donc, une rotation 2ω autour de $L_{2\omega}$ amènera E en D, etc.

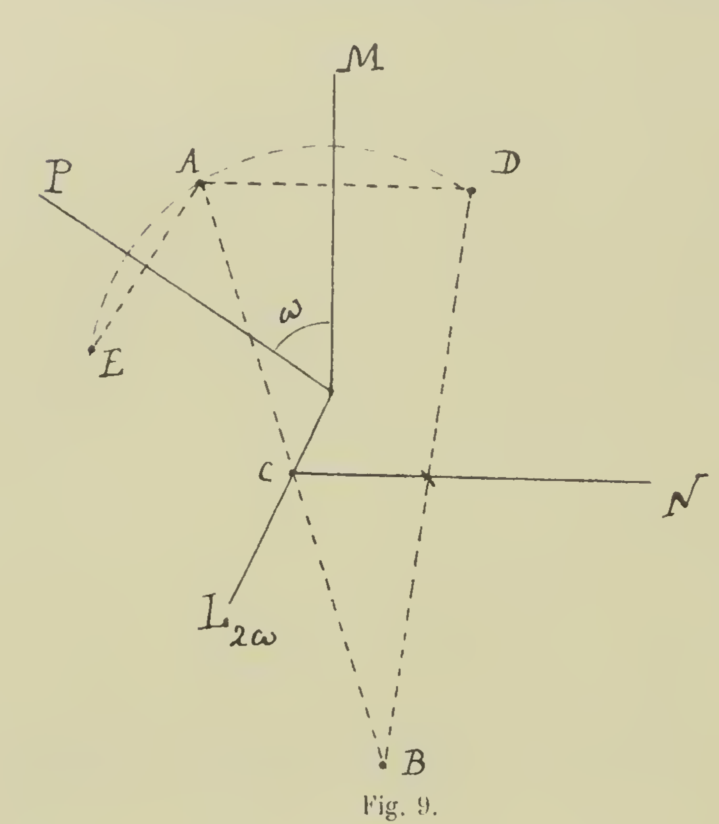


Fig. 9.

Remarque. — Si C est *déficient,* B sera le pôle d'une face de la forme inverse de *P*, et N n'est pas un axe d'hémitropie.

Second cas. Si, au contraire, P est déficient, E sera le pôle d'une face de la forme inverse de *P* et, vu que la macle est asymétrique, D sera le pôle d'une face de la forme inverse de *P'*; donc une rotation 2ω, autour de $L_{2\omega}$, amènera encore la forme inverse sur la forme inverse, etc.

Remarque. — Si C existe dans les formes hémiédriques considérées, B sera le pôle d'une face de la forme directe de *P*, et N n'est pas un axe d'hémitropie.

THÉORÈME III. — *Les* MACLES SYMÉTRIQUES *dans les groupes* ANTIHÉMIÉDRIQUES *ont pour axe de coïncidence l'intersection d'un plan de symétrie avec le plan de macle. Les* MACLES ASYMÉTRIQUES *dans les groupes* PARAHÉMIÉDRIQUES *ont pour axe de coïncidence l'intersection d'un plan de symétrie* DÉFICIENT *dans le groupe avec le plan de macle. L'amplitude de la rotation,*

dans les deux cas, est double de l'angle que font entre eux le plan de macle et le plan de symétrie.

1° Dans un groupe antihémiédrique il y a toujours un P; autrement n'ayant ni C, ni P, il n'aurait que des axes et l'on aurait affaire à un groupe holoaxe. Nous sommes donc dans le premier cas du théorème précédent. Comme C n'existe pas, N n'est pas un axe d'hémitropie, mais $L_{2\omega}$ est un axe de coïncidence;

2° Dans un groupe parahémiédrique il y a toujours un P déficient; car dans tout groupe non holoaxe il y a un A^2 déficient et, comme C existe, le P perpendiculaire à ce A^2 doit manquer. Nous nous trouvons donc dans le second cas du théorème précédent. N n'est pas un axe d'hémitropie, mais $L_{2\omega}$ est un axe de coïncidence.

Corollaire. — Si le P existant ou déficient est normal au plan de macle M, $\omega = 90°$ et $L_{2\omega}$ devient un axe d'hémitropie. On peut énoncer autrement cette propriété, en observant que, dans les deux cas, le A^2 perpendiculaire à P est déficient dans le groupe; d'ailleurs, il est situé dans M. Donc : *Dans les macles* symétriques *des groupes* antihémiédriques *et dans les macles* asymétriques *des groupes* parahémiédriques, *lorsque le plan de macle* M *passe par un axe binaire déficient, il existe dans* M *un axe d'hémitropie normal au* A^2 déficient.

Remarque. — Cette condition est suffisante, mais pas *nécessaire,* c'est-à-dire que l'on ne peut conclure qu'il n'y a pas d'axe d'hémitropie de ce que le plan de macle ne passe pas par un axe binaire déficient. La condition nécessaire est donnée page 10, par le corollaire du théorème I et, dans le cas où le groupe n'a que des axes binaires, par le théorème V, page 16. Pour les macles cristallines, il est plus commode de donner une autre forme à cette propriété :

Théorème IV. — *Lorsque dans une macle formée par des cristaux hémiédriques la normale au plan de macle n'est pas un axe d'hémitropie, il n'existe un axe d'hémitropie que si le plan de macle passe par un axe déficient ou par un axe dont l'ordre a été abaissé par l'hémiédrie. Dans ce cas,*

si Λ^{2n} EST LA NOTATION DE CET AXE DANS LE GROUPE HOLOÉDRIQUE, *il y aura* n *axes d'hémitropie dans un plan perpendiculaire à cet axe, faisant entre eux des angles* $\frac{\pi}{n}$ *et symétriquement placés par rapport à la normale au plan de macle* (*). *Si* N′, P′, Q′ *sont les nombres de* Λ^{2n}, Λ^{2p}, Λ^{2q} *situés dans le plan de macle, axes dont le degré a été abaissé par l'hémiédrie, le nombre d'axes d'hémitropie est*

$$X = N'n + P'p + Q'q.$$

En effet :

1° Dans un polyèdre holoédrique tout axe autour duquel on peut amener la forme directe sur l'inverse et l'inverse sur la directe est un axe déficient dans le groupe ou dont l'ordre a été diminué par l'hémiédrie. Car, vu qu'après rotation autour de cet axe les sommets sont restitués, c'est que l'axe de rotation est un axe de symétrie du polyèdre holoédrique et que la rotation est de $2k\frac{\pi}{n}(k < n)$; mais la rotation n'ayant pas amené la forme directe sur elle-même, ou bien l'axe n'est pas un axe de symétrie de la forme hémiédrique, ou bien son ordre y est différent de ce qu'il était dans le solide holoédrique (**);

2° Supposons qu'il existe un axe d'hémitropie L_π; je dis que nécessairement le plan de macle M doit passer par un axe déficient ou dont le degré a été abaissé par l'hémiédrie. En effet : faisons tourner *P* autour de L_π de 180°; la forme directe de *P* viendra sur la forme directe de *P′*, l'inverse sur l'inverse : donnons au polyèdre une nouvelle rotation de 180° autour de la normale N au plan de macle; nous avons vu (fig. 9) que la forme directe de *P′* viendra sur la forme inverse de *P*, l'inverse sur la directe; de sorte que la rotation résultante de ces deux rotations de 180° a pour effet d'échanger dans *P* les deux formes conjuguées l'une avec l'autre, c'est-à-

(*) L'un des axes fait avec la normale au plan de macle un angle $\frac{\pi}{2n}$; dans le cas d'un axe binaire déficient, $n = 1$, et il y aura un axe d'hémitropie normal au plan déterminé par l'axe déficient et la normale au plan de macle. C'est la propriété qui a été trouvée ci-dessus d'une autre façon.

(**) On peut conclure de là que dans les groupes holoaxes il n'existe pas d'axe pouvant amener à la fois la forme directe sur l'inverse et l'inverse sur la directe; mais cela ne prouve pas que les formes conjuguées ne sont pas superposables.

dire que l'axe résultant est un axe déficient dans le groupe hémiédrique ou dont le degré a été abaissé. Cet axe qui, par la construction d'Euler, se trouve être perpendiculaire au plan déterminé par L_π et N, devra se trouver nécessairement dans M. Il résulte, en outre, de ce qui précède, que tout L_π doit nécessairement résulter de la combinaison de l'axe N_π avec un axe déficient ou amoindri existant dans M;

3° Inversement, la combinaison de N_π avec un axe déficient ou amoindri existant dans M donne un L_π. En effet, soit (fig. 10) A^n un tel axe; en composant A^n et N_π par le triangle d'Euler, nous aurons en CL, CL′, etc., des axes de coïncidence; mais, comme $AN_\pi = 90°$ et, qu'en outre, $\widehat{AN_\pi D} = 90°$, les angles B, B′, etc., sont droits et, par conséquent, les axes CL, CL′, etc., sont des axes d'hémitropie.

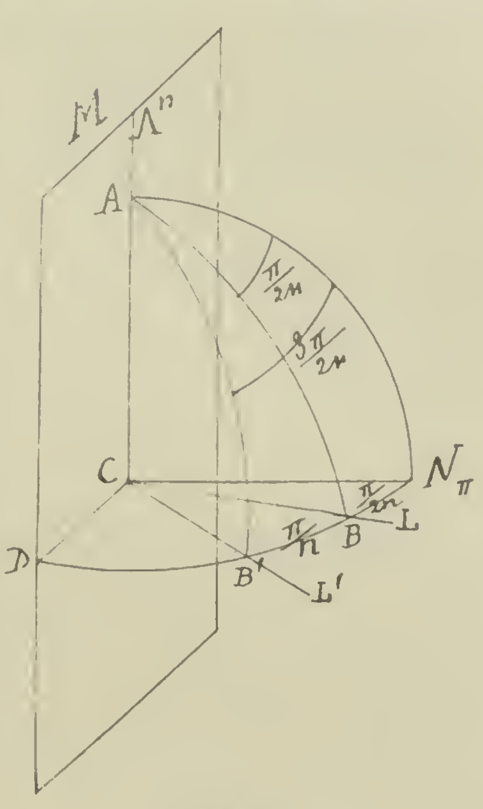


Fig. 10.

Un axe déficient, ou dont le degré a été abaissé par l'hémiédrie, est toujours d'ordre pair dans le groupe holoédrique; s'il est A^{2n} dans ce groupe, il sera A^n dans le groupe hémiédrique, le cas d'un axe binaire déficient correspondant à $n = 1$. Les rotations

$$\frac{\pi}{n},\ \frac{2\pi}{n},\ \frac{3\pi}{n}\ \ldots,\ \frac{(2n-2)\pi}{n},\ \frac{(2n-1)\pi}{n}$$

amènent la coïncidence dans le polyèdre holoédrique; celles de rang pair amenant la coïncidence de chaque forme conjuguée avec elle-même, les rotations qui amènent une forme sur sa conjuguée seront :

$$\frac{\pi}{n},\ \frac{3\pi}{n},\ \frac{5\pi}{n}\ \ldots\ \frac{(2n-1)\pi}{n};$$

de sorte que, dans le triangle d'Euler, les angles au sommet A seront :

$$\frac{\pi}{2n},\ \frac{3\pi}{2n},\ \frac{5\pi}{2n}\ \ldots\ \frac{(2n-1)\pi}{2n}.$$

On voit qu'il y a n axes d'hémitropie faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$ et dont le premier fait un angle $\frac{\pi}{2n}$ avec la normale au plan de macle.

Si M passait par un Λ^p, qui était Λ^{2p} dans le groupe holoédrique, on trouverait, perpendiculairement à cet axe, p axes d'hémitropie, et ainsi de suite; il est d'ailleurs évident que ces axes ont tous des directions différentes, car si deux d'entre eux coïncidaient, étant normaux à deux droites différentes de M, ils coïncideraient avec N, ce qui est impossible. Si donc il existe dans le plan de macle N' axes Λ^n, P' axes Λ^p, Q' axes Λ^q, qui étaient respectivement des Λ^{2n}, Λ^{2p}, Λ^{2q} dans le groupe holoédrique, le nombre d'axes d'hémitropie sera

$$X = N'n + P'p + Q'q.$$

APPLICATION AUX DIFFÉRENTS GROUPES HÉMIÉDRIQUES NON HOLOAXES.

Système cubique. — Groupe tétraédrique : $3\Lambda^2$, $4\Lambda^3$, 6P et *Groupe hexadiédrique :* $3\Lambda^2$, $4\Lambda^3$, C, 3Π.

Dans les deux groupes il y a sept axes de symétrie, de sorte que le nombre d'axes de coïncidence sera $2(\mathfrak{N} - 1) = 12$.

a) Dans les macles *asymétriques* du *premier* groupe et dans les *symétriques* du *second*, la normale au plan de macle est un axe d'hémitropie, et le nombre d'axes d'hémitropie sera donné par $1 + N'(n - 1) + P'(p - 1)$.

Les macles qui auront plusieurs axes d'hémitropie sont :

1° *Plan de macle* b^m (passant par Λ^2). Hexatétraèdre ou hexadièdre; avec deux L_π perpendiculaires dans un plan normal à Λ^2;

2° *Plan de macle* $b^{\frac{1}{m}} b^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{m+n}}$ (passant par Λ^3). Tétrahexaèdre ou dodécadièdre; avec $3L_\pi$ à 60°;

3° *Plan de macle* b^1, dans le groupe hexadiédrique (passant par $2\Lambda^3$, Λ^2); avec $6L_\pi$, qui sont évidemment les $6L^2$ déficients, vu qu'ils rétablissent le solide holoédrique par rotation de 180°.

Dans le groupe tétraédrique on pourrait considérer une macle avec p pour plan de jonction (passant par $2\Lambda^2$); mais une telle macle asymétrique est en réalité formée de deux cristaux à orientation identique; aussi les règles ci-dessus donnent pour axes d'hémitropie les $3\Lambda^2$.

Macle de la blende. C'est la macle asymétrique de deux octaèdres joints par une face a^1. Ce plan ne passe plus par des axes de symétrie, et il n'y a plus qu'un seul axe d'hémitropie : la normale au plan de macle. La figure 7 représente cette macle : *d* sont les faces de la forme directe, *i* celles de la forme inverse; on voit que la rotation de 180° autour de N amène la coïncidence, mais que les droites telles que 3 ne sont plus des axes d'hémitropie comme dans la macle des spinelles.

b) Dans les macles *symétriques* du *premier* groupe et *asymétriques* du *second*, pour avoir celles qui ont un axe d'hémitropie, il faut comparer le symbole axial $3\Lambda^4$, $4\Lambda^3$, $6L^2$ du groupe holoédrique à celui des groupes hémiédriques $3\Lambda^2$, $4\Lambda^3$. Les axes déficients sont les $6L^2$, que nous représenterons par $6L^1$ dans les groupes hémiédriques; les axes dont le degré a été abaissé par l'hémiédrie sont les $3\Lambda^4$, qui sont devenus $3\Lambda^2$. Donc : *Les seules macles ayant un axe d'hémitropie sont celles qui passent par un* Λ^2 *ou par un* L^1.

Le nombre d'axes d'hémitropie sera

$$N'n + P'p = 2N' + P',$$

en désignant respectivement par N' et P' les nombres de Λ^2 et de L^1 contenus dans le plan de macle.

Les macles ayant des axes d'hémitropie sont :

1° *Plan de macle* b^m (passe par Λ^2). $2L_\pi$ dirigés dans un plan normal à Λ^2 suivant les bissectrices des angles formés par la normale au plan de macle et la trace de ce plan. Dans la figure 6, les L_π sont 2 et 4;

2° *Plan de macle* a^m (passe par L^1). Tétratriédre, trapézododécaèdre, trapézoèdre, octotriédre. Un seul L_π dirigé suivant l'intersection du plan de macle avec le plan de symétrie P auquel il est perpendiculaire, plan existant dans le premier groupe, déficient dans le second (théorème III, p. 24);

3° *Plan de macle* a^1 (passe par $3L^1$). $3L_\pi$ à 60°, intersections du plan de macle avec les 3P qui lui sont normaux, plans existants dans le premier groupe, déficients dans le second. Pour se représenter cette macle, dans le groupe tétraédrique, il suffit, dans le cristal de droite de la figure 7, de

changer *d* en *i* et *vice versa;* on voit que N n'est plus un L_π, mais que les axes 1, 2, 3 le sont;

4° *Plan de macle* p, dans le *groupe tétraédrique* (passant par $2\Lambda^2$, $2L^1$). On trouve $6L_\pi$, qui ne sont autre chose que les $6L^1$.

Dans le groupe hexadiédrique on pourrait considérer une macle avec $b^1(\Lambda^2, L^1)$ pour plan de jonction; mais une telle macle asymétrique est en réalité formée de deux cristaux à orientation identique; aussi on trouve pour axes d'hémitropie les $3\Lambda^2$.

Système quadratique Λ^4, $2L^2$, $2L'^2$. — En laissant de côté les macles dans lesquelles la normale au plan de macle est un axe d'hémitropie, occupons-nous seulement des macles dans lesquelles il n'y a pas toujours un axe d'hémitropie, c'est-à-dire des macles *symétriques antihémiédriques* et *asymétriques parahémiédriques.*

Dans toutes les macles du système quadratique il y a *quatre* axes de coïncidence :

1° *Groupe pyramidal* Λ^4, 2P, 2P'. *Groupe quadratique anomal* Λ^4, C, Π. Il n'y a que des axes binaires déficients; il n'y aura donc que les macles ayant pour plan de jonction une face de forme b^m ou a^m qui auront un axe d'hémitropie à l'intersection de cette face et du P existant ou déficient auquel elle est perpendiculaire. Dans le premier groupe il peut exister une macle avec *p* pour plan de macle, avec $4L_\pi$, intersections des 4P avec le plan de macle, c'est-à-dire les quatre axes binaires déficients;

2° *Groupe sphénoédrique* Λ^2, $2L^2$, 2P'. Nous prenons un L^2 dirigé vers le spectateur, c'est-à-dire perpendiculaire à une face *m*. Ici il y a un Λ^4 qui est devenu Λ^2 et deux axes binaires déficients; il suit de là que *les macles sphénoédriques symétriques qui ont un axe d'hémitropie sont celles qui ont pour plan de macle* h^m, a^m, m *ou* p. Les premières admettent $2L_\pi$ dans un plan horizontal, à 45° de la normale au plan de macle, les deuxièmes un seul L_π intersection de a^m avec le P' auquel elle est perpendiculaire. Dans les deux derniers modes il y a $2L_\pi$ coïncidant avec les axes binaires déficients.

Macles de la chalcopyrite. Pour conserver l'analogie entre le sphénoèdre

de la chalcopyrite et le tétraèdre régulier dont il est très voisin, nous avons pris les L^2 conservés parallèles aux faces du prisme *m*, de sorte que les sphénoèdres résultent de la troncature des angles de ce dernier, tandis que la troncature des arêtes basiques donne des quadroctaèdres b'''.

1° *Macle symétrique avec* a^1 *pour plan de jonction.* Analogue à celle de la blende (fig. 7); d'après ce qui vient d'être dit, elle aura un seul axe d'hémitropie, la droite 3 intersection du plan de macle avec le P′ auquel il est perpendiculaire;

2° *Macle symétrique avec* b^1 *pour plan de jonction.* Pas d'axe d'hémitropie;

3° *Macle asymétrique avec* h^1 *pour plan de jonction.* Le plan de macle passe par A^2 et a évidemment 2 axes d'hémitropie, les deux axes binaires déficients.

Système sénaire A^6, $3L^2$, $3L'^2$. — 1° *Groupe pyramidal* A^6, 3P, 3P′. *Groupe dihexaédrique anomal :* A^6, II, C. Il n'y a que des axes binaires déficients; les seules macles à axes d'hémitropie sont celles ayant pour plan de jonction une face de forme b''' ou a'''; l'axe d'hémitropie est l'intersection de cette face avec le P existant ou déficient auquel le plan de macle est perpendiculaire. Dans le premier groupe il peut exister une macle avec *p* pour plan de jonction, ayant pour axes d'hémitropie les six axes binaires déficients;

2° *Groupe hexagonal symétrique* A^3, $3L^2$, II, 3P′. (Un L^2 est supposé parallèle à une face *m*.) Les axes, dont le degré est abaissé par l'hémiédrie, ou déficients, sont A^3, $3L'^1$.

Les macles qui ont un axe d'hémitropie sont :

1° *Plan de macle* h''' (passant par A^3). Face d'un prisme hexagonal symétrique. $3L_\pi$ à 60° dans un plan horizontal dont un à 30° de la normale au plan de macle;

2° *Plan de macle* a''' (passant par L'^1). Face d'un ditriède. Un seul L_τ à l'intersection du plan de macle et du P′ qui lui est perpendiculaire;

3° *Plan de macle* h^1 (passant par A^3, L'^1). Face d'un prisme trigonal. $4L_\tau$, dont l'un coïncide avec A^3, les trois autres avec les axes binaires déficients.

Système rhomboédrique Λ^3, $3L^2$. — *Groupe pyramidal* Λ^3, 3P. *Groupe rhomboédrique anomal* Λ^3, C. Les macles à axe d'hémitropie sont :

1° Celles qui passent par un L^1, faces appartenant à une pyramide trigonale, ou à un rhomboèdre direct ou inverse, ou à un prisme e^2;

2° Celles qui ont pour plan de jonction la base a^1 (passant par $3L^1$); dans ce cas les $3L_\pi$ sont les bissectrices des angles formés par les $3L^2$ déficients.

Système orthorhombique L^2, L'^2, L''^2. — *Groupe pyramidal* L^2, P′, P″. Les macles ayant pour plan de jonction des faces de la forme a^m ou e^m (on suppose L^2 vertical) ont seules un L_π; celle qui a pour plan de jonction la base p a pour axes d'hémitropie les deux axes binaires déficients.

Système clinorhombique L^2. — *Groupe antihémiédrique*. P. Les seules macles ayant un axe d'hémitropie sont celles qui ont pour plan de macle une face de la zone ph^1; l'axe est situé à l'intersection de ce plan avec P.

B. *Macles dans les groupes hémiédriques holoaxes.*

Nous avons vu (p. 18) que dans ces groupes la macle asymétrique est seule possible; d'ailleurs le théorème I (p. 23, premier cas) s'applique ici; donc : « Les macles formées par des cristaux hémiédriques holoaxes ont » toujours pour axe d'hémitropie la normale au plan de macle ». Comme les combinaisons d'axes sont les mêmes que dans les groupes holoédriques, et la formule donnant le nombre de L_π est aussi la même, il s'ensuit que *les macles holoaxes ont les mêmes axes d'hémitropie que les macles holoédriques correspondantes*. On pourrait croire qu'aux macles correspondant aux holoédriques, dans lesquelles il y a plusieurs L_π, il faille ajouter, pour les holoaxes, celles qui ont pour plan de macle un plan de symétrie du groupe holoédrique; mais il est facile de voir qu'une telle macle est formée en réalité de deux cristaux ayant même orientation. Aussi les règles ci-dessus conduisent à des axes d'hémitropie coïncidant avec les axes d'ordre pair du système. Ainsi les macles holoaxes à plusieurs L_π sont identiquement les mêmes que celles énumérées page 19, et les axes d'hémitropie y sont disposés de même.

MACLES DANS LES GROUPES TÉTARTOÉDRIQUES.

Un cristal holoédrique a toujours un centre et un plan de symétrie (nous excluons le clinoèdre qui ne donne pas lieu à des tétartoédries); on peut donc le représenter par la figure 11 ou, pour simplifier les figures, par la figure 12. Si l'on supprime C, on a les deux formes conjuguées antihémiédriques *aa'* et *bb'*; en supprimant P et conservant C, on a les deux formes conjuguées parahémiédriques *ab* et *a'b'*; en faisant les deux suppressions à la fois (*), on arrive aux quatre formes tétartoédriques conjuguées *a*, *a'*, *b*, *b'*. Ces formes, physiquement différentes entre elles, sont deux à deux géométriquement identiques; ainsi $a' = b$, parce qu'elles sont toutes les deux les symétriques de *a*, l'une par rapport à P, l'autre par rapport à C (**); de même $a = b'$. Quant à *a* et *a'* en général elles ne sont pas superposables, mais peuvent le devenir si la forme tétartoédrique a un plan de symétrie ou est un solide de la troisième classe.

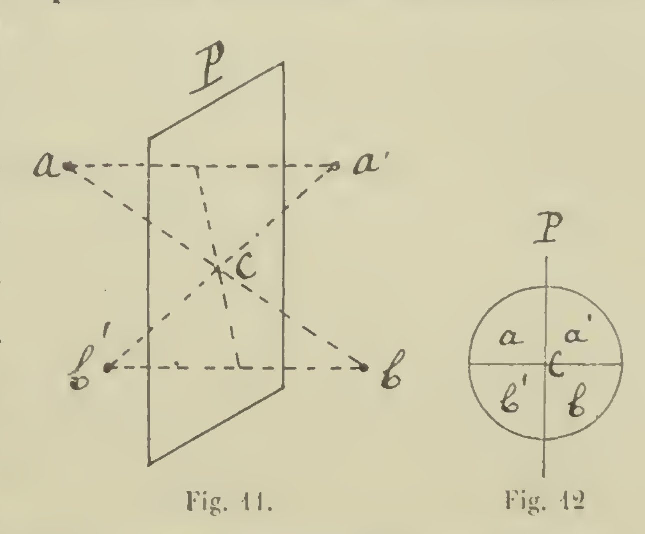


Fig. 11. Fig. 12

Observons que les solides *ab'*, *a'b* sont aussi dus à une hémiédrie qui, donnant lieu à des formes privées de centre, est soit l'hémiédrie holoaxe, soit une antihémiédrie. Lorsque les formes *a* et *a'* ne sont pas égales géométriquement, c'est-à-dire dans le premier cas qui va suivre, on a affaire à l'hémiédrie holoaxe, vu que les formes hémiédriques conjuguées ne sont pas superposables; mais lorsque *a* et *a'* sont superposables, on aura une antihémiédrie.

(*) Toutes les formes tétartoédriques sont privées de centre. Cependant, si l'on considère le groupe rhomboédrique comme hémiédrique du système hexagonal, le groupe Λ^3, C devient tétartoédrique; voir, en ce qui concerne ce groupe, page 44.

(**) Elles peuvent être mises en coïncidence par une rotation de 180° autour de l'axe d'ordre pair, qui, dans le solide holoédrique, est normal à P.

Nous considérerons d'abord le cas où a et a' ne sont pas superposables, puis celui où ces formes sont géométriquement égales.

Premier cas. *Les formes* a *et* a' *ne sont pas superposables.*

On ne peut avoir que deux genres de macles. Ou à a' correspond b' de l'autre côté du plan de macle, ou à a' correspond a.

Premier mode. *Par rapport au plan de macle se correspondent les formes tétartoédriques qui, dans le solide holoédrique, sont symétriques par rapport à* C.

Cette macle est représentée par la figure 13. Dans ce cas, il est facile de voir (fig. 9) que D et B sont tous les deux des b', et qu'une rotation de 180° autour de N amène la coïncidence. Ces macles se traitent comme les holoédriques.

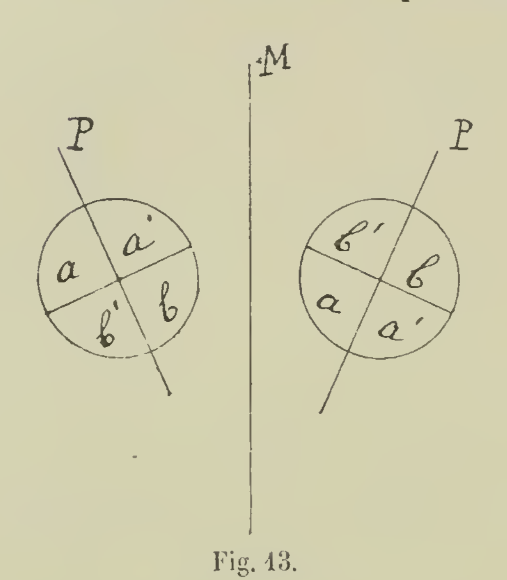


Fig. 13.

Deuxième mode. *Par rapport au plan de macle se correspondent les formes tétartoédriques qui, dans le solide holoédrique, se correspondent par rapport à* P.

Cette macle est représentée par la figure 14. Dans ce cas, dans la figure 9, E $= a$, A $= a'$, D $= a$, B $= b'$; on voit qu'une rotation de 180° autour de N amène la forme a de P' sur b' de P, a' de P' sur b de P; donc, pour avoir la coïncidence, il faut encore dans P amener b' sur a, b sur a', c'est-à-dire que dans le solide ab', dû à l'hémiédrie holoaxe, il faut faire changer de place les formes tétartoédriques, ce qui ne peut avoir lieu qu'autour d'un *axe de symétrie existant dans le groupe holoaxe, mais déficient ou amoindri dans le groupe tétartoédrique considéré*. Pour qu'il y ait hémitropie, il faut que le plan de macle passe par un tel axe. La position et le nombre des axes d'hémitropie se trouveront comme dans les macles antihémiédriques symétriques.

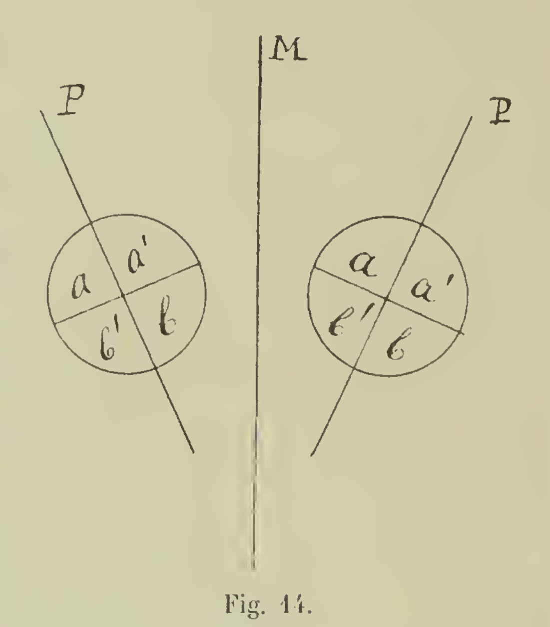


Fig. 14.

Second cas. *Les formes* a *et* a′ *sont superposables géométriquement, c'est-à-dire que* a = a′ = b = b′.

Outre les deux macles citées ci-dessus, il peut en exister deux autres obtenues en remplaçant dans les précédentes, dans un des cristaux, *a* par *a′* et vice versa.

Troisième mode. *Se correspondent par rapport au plan de macle les formes qui, dans le cas général, sont identiques géométriquement, mais diffèrent physiquement.*

Cette macle est représentée par la figure 15. Dans la figure 9 on a : E = *a*, A = *a′*, D = *b*, B = *b′*. Une rotation de 180° autour de N amène donc le *b* de *P′* sur le *b′* de *P* et le *b′* de *P′* sur le *b* de *P*; il faut donc encore, pour avoir la coïncidence, dans ce dernier polyèdre, amener *b′b* en *bb′*, c'est-à-dire dans le solide antihémiédrique *bb′* faire changer l'une des formes tétartoédriques conjuguées avec l'autre, ce qui ne peut se faire qu'autour d'un axe de symétrie *existant dans le groupe antihémiédrique* aa′, *dont dérive le groupe tétartoédrique considéré, mais déficient ou amoindri dans ce dernier.* Pour qu'il y ait hémitropie, il faut qu'un tel axe se trouve dans le plan de macle. La position et le nombre des axes d'hémitropie se trouvera comme dans les macles antihémiédriques symétriques.

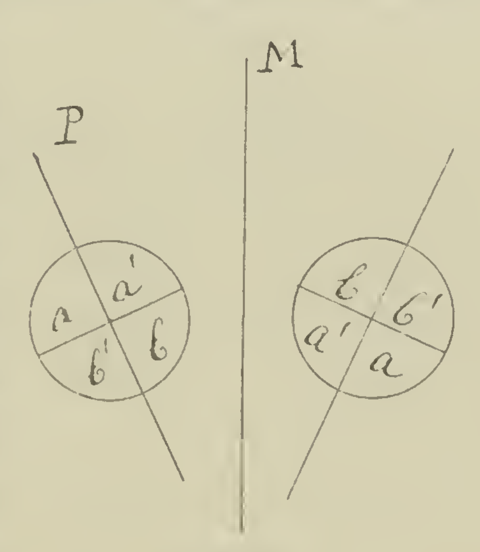


Fig. 15.

Quatrième mode. *Par rapport au plan de macle se correspondent les formes identiques géométriquement et physiquement.*

Fig. 16.

Cette macle est représentée par la figure 16. Dans la figure 9 on a : E = *a*, A = *a′*, D = *a′*, B = *b′*. On voit que, par une rotation de 180° autour de N, *a′* de *P′* vient en coïncidence avec *b′* de *P*; il faut donc encore, dans ce polyèdre, amener *b′* en *a′* et vice versa, c'est-à-dire que dans le solide parahémiédrique *a′b′* il faut échanger une des formes tétartoédriques conjuguées avec l'autre, ce qui ne peut se faire qu'autour d'un

axe de symétrie *existant dans le groupe parahémiédrique dont dérive le groupe tétartoédrique considéré, mais déficient ou amoindri dans ce dernier.* Pour qu'il y ait hémitropie, il faut que le plan de macle passe par un tel axe. La position et le nombre des axes d'hémitropie se trouveront comme dans les macles symétriques antihémiédriques.

APPLICATION AUX DIFFÉRENTS GROUPES TÉTARTOÉDRIQUES.

Les groupes tétartoédriques à quatre formes conjuguées superposables, et qui peuvent par conséquent présenter les *quatre* genres de macles, sont :

1° *Groupe sphénoédrique anomal* $\Lambda^2 = \Lambda^{-4}$. (*Bull. de l'Acad.,* loc. cit., pp. 240 et 245), dans le système quadratique;

2° *Groupe ditriédrique anomal :* Λ^3, II, dans le système sénaire.

Les groupes tétartoédriques à deux formes conjuguées superposables sont :

1° Système cubique. *Groupe hexadiédrique irrégulier* $3\Lambda^2$, $4\Lambda^3$.

2° — quadratique. *Groupe pyramidal anomal* Λ^4.

3° — sénaire. — — Λ^6.

4° — rhomboédrique. — — Λ^3.

MACLES DANS LES GROUPES TÉTARTOÉDRIQUES A QUATRE FORMES CONJUGUÉES SUPERPOSABLES.

Macles dans le groupe $\Lambda^2 = \Lambda^{-4}$.

Soit a (fig. 17) une face supérieure d'une des formes tétartoédriques; l'autre face a supérieure s'obtient par rotation de 180° autour de Λ^2; les deux inférieures s'obtiendront, par la propriété des solides à formes conjuguées superposables, de la troisième classe, en faisant tourner de 90° les supérieures autour de Λ^2, puis prenant les symétriques, par rapport au plan de symétrie horizontal, des positions ainsi obtenues.

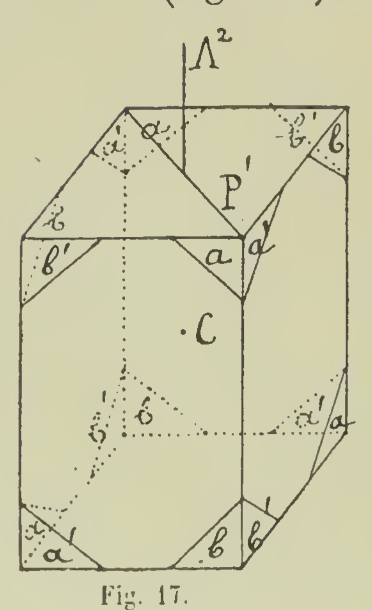


Fig. 17.

Pour avoir la forme que nous avons désignée par a' dans la théorie exposée ci-dessus, nous devons prendre la symétrique de a par rapport à

un plan de symétrie existant dans les groupes antihémiédriques du système quadratique et déficient dans le groupe parahémiédrique, c'est-à-dire un P ou un P′, par exemple P′ : nous avons ainsi en a' la seconde forme tétartoédrique. L'ensemble aa' forme un solide *antihémiédrique* ayant pour symbole Λ^2, 2P′, $2L^2$ (groupe sphénoédrique).

Pour avoir la forme que nous avons appelée b, nous devons prendre la symétrique de a par rapport à C; nous aurons ainsi une troisième forme tétartoédrique. L'ensemble ab forme un solide *parahémiédrique* ayant pour symbole Λ^4, C, Π (groupe quadratique anomal). La quatrième forme tétartoédrique b' s'obtient de même, soit en prenant la symétrique de a' par rapport à C, soit en prenant la symétrique de b par rapport à P′. On sait que les quatre formes conjuguées sont superposables, ce qui est d'ailleurs aisé à vérifier sur la figure 17.

L'ensemble $aa'bb'$ représente la forme holoédrique. Nous avons donc :

Symbole	holoédrique Λ^4, C, Π, $2L^2$, $2L'^2$, 2P, 2P′ . . .	Solide		$aa'bb'$.
—	antihémiédrique Λ^2, $2L^2$, 2P′	Solides	conjugués	aa' et bb'.
—	parahémiédrique Λ^4, C, Π	—	—	ab et $a'b'$.
—	antihémiédrique Λ^2, $2L'^2$, 2P	—	—	ab' et ba'.
—	tétartoédrique Λ^2	—	—	a, a', b, b'.

Premier mode (voir pp. 34 et 35). Nous avons vu que N est toujours (*) un L_π. Il n'y aura plusieurs L_π que si M passe par un Λ^n et, dans ce cas, il y aura n L_π dans un plan normal à Λ^n, et faisant entre eux des angles $\frac{\pi}{n}$. Dans notre cas il n'y a donc que les faces h''', h^1, m (**) qui, passant par Λ^2, donneront des macles avec $2L_\tau$ rectangulaires situés dans un plan horizontal; dans le second cas les $2L_\tau$ coïncident avec les $2L'^2$, dans le troisième cas avec les $2L^2$.

Deuxième mode. Les axes existant dans le groupe ab', mais diminués dans le groupe tétartoédrique, sont les $2L'^4$. Il n'y aura donc hémitropie que

(*) M est le plan de macle, N la normale à ce plan, L_π un axe d'hémitropie. Axe *diminué* c'est un axe déficient dans le groupe ou dont le degré a été abaissé par l'hémiédrie.

(**) h''' est ici la face d'un prisme quadratique anomal.

si M passe par un ou deux L'^1, c'est-à-dire que si le plan de macle est a''' ou p (*). Les premières admettent un seul L_π intersection de a''' avec le P' auquel elle est perpendiculaire, la seconde a $2L_\pi$ coïncidant avec les $2L'^1$.

Troisième mode. Les axes existant dans le groupe antihémiédrique aa' mais diminués dans le groupe tétartoédrique sont les $2L^1$. Il n'y aura donc hémitropie que pour un plan passant par L^1 ou par $2L^1$, c'est-à-dire pour les faces b''' ou p (**); dans le premier cas, il y a un L_π à l'intersection de M et du P qui lui est perpendiculaire, dans le second, il y a $2L_\pi$ coïncidant avec les $2L^1$.

Quatrième mode. Il n'y a qu'un axe existant dans le groupe parahémiédrique, mais diminué dans le groupe tétartoédrique : c'est Λ^2. Il n'y a donc que les macles ayant pour plan de jonction une face de la zone verticale qui admettent des axes d'hémitropie; seulement, au lieu d'être dirigés, comme dans le premier mode, suivant N et sa normale horizontale, ici les L_π sont dirigés suivant les bissectrices des angles formés par ces droites. Dans le cas où le plan de macle est m, les $2L_\pi$ sont dirigés suivant les $2L'^2$; si, au contraire, les cristaux sont joints suivant h^1, les $2L_\pi$ coïncident avec les $2L^2$.

Macles dans le groupe Λ^3, Π.

Nous désignons par L^2 les axes binaires parallèles aux faces m du prisme holoédrique direct; les P perpendiculaires à ces axes sont donc parallèles aux faces h^1. Nous désignons par a une forme tétartoédrique, par a' la symétrique de a par rapport à un P', par b la symétrique de a par rapport à C et par b' la symétrique de a' par rapport à C. On obtient, comme précédemment, les groupes suivants :

Groupe aa', antihémiédrique	Λ^3, Π, $3L^2$, $3P'$.
— ab', —	Λ^3, Π, $3L'^2$, $3P$.
— ab, parahémiédrique.	Λ^6, Π, C.

(*) a''' est la face d'un sphénoèdre inverse.
(**) b''' est la face d'un sphénoèdre direct.

Premier mode. N est toujours un L_π. On a $3L_\pi$ à 60°, horizontaux, pour les faces h^m des prismes trigonaux anomaux ; ils coïncident avec les $3L^2$ lorsque le plan de macle est une face h^1 de prisme trigonal inverse et avec les $3L'^2$ lorsque M est une face *m* d'un prisme trigonal direct.

Deuxième mode. Axes du groupe *ab'* diminués dans le groupe tétartoédrique : $3L'^1$.

Macles à axes d'hémitropie : 1° M suivant a^m (ditrièdre inverse) ou h^1. Un L_π à l'intersection de M avec le P' perpendiculaire ; dans le second cas, L_π coïncide avec Λ^3 ;

2° M suivant *p* : $3L_\pi$ coïncidant avec les $3L^2$.

Troisième mode. Axes du groupe *aa'* diminués dans le groupe tétartoédrique : $3L^1$.

Macles à axes d'hémitropie : 1° M suivant b^m (ditrièdre direct) ou *m*. Un L_π à l'intersection de M avec le P perpendiculaire ; dans le second cas, L_π coïncide avec Λ^3 ;

2° M suivant *p* : $3L_\pi$ coïncidant avec les $3L'^2$.

Quatrième mode. Axes du groupe *ab* diminués dans le groupe tétartoédrique : Λ^3.

Macles à axes d'hémitropie : M suivant h^m, h^1 ou *m* : $3L_\pi$ à 60° dans un plan horizontal, dont l'un situé dans M ; dans le deuxième cas ils coïncident donc avec les $3L'^2$ et dans le troisième avec les $3L^2$.

MACLES DANS LES GROUPES TÉTARTOÉDRIQUES A DEUX FORMES CONJUGUÉES SUPERPOSABLES.

Système cubique : $3\Lambda^2$, $4\Lambda^3$. — *Premier mode.* N est un L_π. Les macles à plusieurs L_π sont les mêmes que les macles asymétriques tétraédriques (p. 28).

Second mode. Axes diminués : $3\Lambda^2$, $6L^1$. Macles à axes d'hémitropie :

1° M suivant b^m (hexadièdre) : $2L_\pi$ dans un plan normal à Λ^2 qui est dans M, à 45° de N ;

2° M suivant *p* ($2\Lambda^2$, $2L^1$) : $6L_\pi$ coïncidant avec les $6L^2$;

3° M suivant a^m (tétraèdre) : $1L_\pi$ à l'intersection de M et du P perpendiculaire ;

4° M suivant a^1 ($3L^1$). $3L_\pi$ dirigés dans M suivant les bissectrices des $3L^1$.

Système quadratique : Λ^4. — *Premier mode.* N est un L_π. Macles à plusieurs L_π : M suivant h^m, h^1 ou m : $4L_\pi$ dans un plan horizontal, à 45°. Dans les deux derniers cas, ils coïncident avec les quatre axes binaires déficients.

Second mode. Axes diminués : $2L^1$, $2L'^1$. Macles à axes d'hémitropie :

1° M suivant b^m (L^1) : $1L_\pi$ suivant l'intersection de M et du P perpendiculaire;

2° M suivant a^m (L'^1) : $1L_\pi$ suivant l'intersection de M et du P′ perpendiculaire;

3° M suivant p ($2L^1$, $2L'^1$) : $4L_\pi$ suivant les quatre axes binaires déficients.

Système sénaire : Λ^6. — *Premier mode.* N est un L_π. Macles à plusieurs L_π : M suivant h^m, h^1 ou m : $6L_\pi$ dans un plan horizontal faisant entre eux des angles de 30°. Dans les deux derniers cas, ils coïncident avec les six axes binaires déficients.

Second mode. Axes diminués : $3L^1$, $3L'^1$. Macle à axes d'hémitropie :

1° M suivant b^m (L^1) : $1L_\pi$ suivant l'intersection de M et du P perpendiculaire;

2° M suivant a^m (L'^1) : $1L_\pi$ suivant l'intersection de M et du P′ perpendiculaire;

3° M suivant p ($2L^1$, $2L'^1$) : $6L_\pi$ suivant les six axes binaires déficients.

Système ternaire : Λ^3. — *Premier mode.* N est un L_π. Macles à plusieurs L_π :

1° M suivant une face $d^{\overline{\frac{1}{m}}} d^{\overline{\frac{1}{n}}} b^{\overline{\frac{1}{m+n}}}$ d'un prisme trigonal anomal : $3L_\pi$ dans un plan horizontal faisant entre eux des angles de 60°;

2° M suivant une face d'un prisme trigonal e^2 : les $3L_\pi$ sont dirigés suivant les bissectrices des angles formés par les $3L^2$ déficients;

3° M suivant une face d'un prisme trigonal d^1 : les $3L_\pi$ sont dirigés suivant les $3L^2$ déficients.

Second mode. Axes diminués : $3L^1$. Macles à axes d'hémitropie :

1° M suivant une face de pyramide trigonale directe ou inverse, ou sui-

vant une face e^2 : $1L_\tau$ situé à l'intersection de M et du P qui lui est perpendiculaire; il coïncide donc avec A^3 dans le dernier cas.

2° M suivant la base a^1 ($3L^1$) : $3L_\tau$ dirigés suivant les bissectrices des axes binaires déficients.

MACLES TÉTARTOÉDRIQUES DANS LE SYSTÈME RHOMBOÉDRIQUE CONSIDÉRÉ COMME UN GROUPE HÉMIÉDRIQUE DU SYSTÈME HEXAGONAL.

Dans ce qui précède nous avons considéré le groupe rhomboédrique comme holoédrique et nous avons traité les macles des groupes (A^3, $3L^2$), (A^3, 3P), (A^3, C) comme des macles hémiédriques. On pourrait cependant considérer le rhomboèdre comme une forme hémiédrique du système hexagonal et, dans ce cas, les groupes cités ci-dessus seront tétartoédriques. Certains auteurs paraissent considérer cette seconde façon d'envisager le rhomboèdre comme illogique; mais il n'en est rien : en réalité il peut exister deux sortes de substances rhomboédriques, car il se peut que le réseau formé par les centres de gravité moléculaires soit en réalité formé de mailles rhomboédriques, ou bien que le réseau soit hexagonal mais que les molécules soient rhomboédriques. On pourrait même ajouter que l'étude des macles de la substance peut donner une indication sur ce point : savoir si l'on a affaire à un rhomboèdre holoédrique ou à un rhomboèdre hémièdre. En effet, nous avons vu que dans les groupes holoédriques il n'y a qu'un seul genre de macle, le symétrique; à toute face correspondra, par rapport au plan de macle, une face identique physiquement et géométriquement; c'est ce qui arrive, par exemple, dans la calcite dont les macles présentent toujours les clivages p des deux cristaux composants symétriquement placés par rapport au plan de macle. Mais, s'il existe des macles dans lesquelles une face p correspond à $e^{\frac{1}{2}}$ par rapport au plan de jonction (p et $e^{\frac{1}{2}}$ étant des formes conjuguées dans le cas où le groupe est considéré comme hémiédrique), on doit en conclure que l'on a affaire à un rhomboèdre hémièdre. C'est ce qui arrive dans le quartz; dans certaines macles, ayant pour plan de jonction une face de l'hémi-isoscéloèdre $d^{\frac{1}{5}}\, d^{\frac{1}{2}}\, b^1$, on trouve les faces p de l'un des cristaux en regard des faces $e^{\frac{1}{2}}$ de l'autre. C'est pour cela que nous

allons aussi traiter les macles du groupe rhomboédrique, en considérant ce dernier comme un groupe parahémiédrique du système hexagonal.

1° Les macles rhomboédriques elles-mêmes se traitent avec facilité par ce qui a été dit page 23 et suivantes : les *symétriques* auront un L_π normal à M et, dans le cas où ce plan passe par des axes de symétrie (Λ^3, $3L^2$), plusieurs L_π dont le nombre est donné par $1 + 2N' + P'$ (N' et P' étant respectivement les nombres de Λ^3 et L^2 situés dans M); les *asymétriques* n'auront un L_π que lorsque M passe par des axes diminués (Λ^3, $3L'^1$) (prismes dodécagonaux, prisme d^1, isoscéloèdres) avec un nombre de L_π donné par $3N' + P'$ (N' étant le nombre de Λ^3, P' celui de L'^1 situés dans M);

2° Les groupes tétartoédriques sont : (Λ^3, $3L^2$), (Λ^3, 3P), (Λ^3, C). Le premier est à deux formes conjuguées superposables et admettra deux genres de macle, les deux derniers donnent lieu à quatre formes conjuguées superposables et, par conséquent, à quatre genres de macles.

Macles dans le groupe trapézoïdique trigonal : Λ^3, $3L^2$.
(Groupe du quartz.)

Premier mode (voir p. 34). Par rapport au plan de macle se correspondent les formes tétartoédriques qui, dans le solide holoédrique, se correspondent par rapport au centre.

N est un L_π. Macles à plusieurs L_π lorsque M passe par des axes de symétrie (Λ^3, $3L^2$).

Second mode. Par rapport au plan de macle se correspondent les formes qui, dans le solide holoédrique, sont symétriques par rapport à un plan de symétrie existant dans le groupe antihémiédrique (Λ^3, $3L^2$, $3P'$, Π), mais déficient dans le groupe parahémiédrique (Λ^3, $3L^2$, 3P, C), donc par rapport à P'.

Axes diminués : Λ^3, $3L'^1$. Les macles ayant des L_π sont celles dans lesquelles M est la face d'un prisme ditrigonal, d'un prisme trigonal d^1, d'un ditrièdre (hémi-isoscéloèdre).

Macles du quartz. 1° Macle suivant p. Dans le cas où les cristaux ont la forme $pe^{\frac{1}{2}}e^2$, la forme qui correspond à p par rapport à C, c'est p elle-même, et $e^{\frac{1}{2}}$ correspond à $e^{\frac{1}{2}}$. On aura une macle du premier mode, *en apparence*

symétrique, avec deux axes d'hémitropie normaux et dont l'un coïncide avec N. Cette symétrie disparaîtra dès que les cristaux qui composent la macle présenteront des faces plagièdres; car le trapézoèdre trigonal formé par ces faces n'étant pas superposable à son image, il ne peut lui correspondre de l'autre côté du plan de macle, ni un trapézoèdre identique, ni celui des quatre trapézoèdres conjugués qui lui est superposable géométriquement et qui en diffère physiquement.

2° Macle suivant $\xi = d^{\frac{1}{2}} d^{\frac{1}{3}} b^1$. Le plan de jonction est la face d'un di-trièdre, troncature d'une arête $pe^{\frac{1}{2}}$. Les deux genres de macles existent. Dans la première p correspond à p, $e^{\frac{1}{2}}$ à $e^{\frac{1}{2}}$; elle n'admet qu'un L_π normal au plan de macle. Dans la seconde, p correspond à $e^{\frac{1}{2}}$, qui est sa symétrique dans le cristal holoédrique par rapport à P′. Comme le plan de macle passe par un L'^1, il y aura un L_π à l'intersection de M avec le P′ lui perpendiculaire; c'est-à-dire que L_π est dirigé suivant l'arête $pe^{\frac{1}{2}}$ commune aux deux cristaux.

Macles dans le groupe Λ^3, 3P. (Groupe de la tourmaline.)

Groupe *aa′* antihémiédrique	Λ^6, 3P, 3P′.
— *ab′* —	Λ^3, $3L'^2$, 3P, Π.
— *ab* parahémiédrique	Λ^3, $3L^2$, 3P, C.

Premier mode. N est un L_π. On a $3L_\pi$ horizontaux à 60° pour les faces des prismes ditrigonaux, qui coïncident avec les $3L^2$ lorsque M coïncide avec une face du prisme hexagonal d^1 et avec les $3L'^2$ lorsque M est une face e^2 d'un prisme trigonal.

Deuxième mode. Axes diminués : Λ^3, $3L^1$, $3L'^1$. Ont des L les macles suivantes :

1° M passe par Λ^3 (prismes ditrigonaux) : $3L_\pi$ horizontaux à 60°, dont l'un dans M;

2° M passe par L^1 (pyramides trigonales) : $1L_\pi$ dans le P normal à M à l'intersection avec ce plan;

3° M passe par L'^1 (pyramides hexagonales) : $1L_\pi$ à l'intersection de M et du P′ perpendiculaire;

4° M passe par $3L^1$, $3L'^1$ (base) : $6L_\pi$ suivant les six axes binaires déficients;

5° M passe par Λ^3, L^1 (prismes e^2) : $4L_\pi$, un suivant Λ^3, trois suivant les L'^1;

6° M passe par Λ^3, L'^1 (prisme d^1) : $4L_\pi$, un suivant Λ^3, trois suivant les L^1.

Troisième mode. Axes diminués de aa' : Λ^3. Il n'y a donc d'hémitropie que lorsque M est vertical. On a $3L_\pi$ à 60° pour les prismes ditrigonaux, comme dans le premier mode, seulement ici un des axes d'hémitropie, au lieu d'être dirigé suivant N, se trouve dans le plan de macle. Si M est suivant d^1, les trois axes d'hémitropie coïncident avec les $3L'^2$; si M est suivant e^2, les $3L_\pi$ sont dirigés suivant les $3L^2$.

Quatrième mode. Axes diminués de ab : $3L^1$. Il n'y a donc hémitropie que si la base est le plan de macle, ou bien si M est dirigé suivant une face de pyramide trigonale : dans le premier cas, on a $3L_\pi$ suivant les $3L'^1$; dans le second, $1L_\pi$ à l'intersection de M et du P perpendiculaire.

Macles dans le groupe Λ^3, C. (Groupe de la dioptase.)

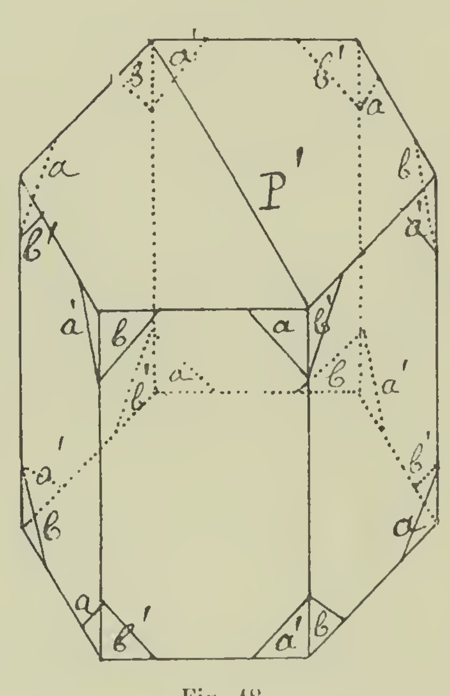


Fig 18.

C'est le seul groupe tétartoédrique dans lequel le centre existe : aussi la théorie donnée page 33, qui suppose la forme tétartoédrique privée de centre, doit être modifiée ici : la marche à suivre est d'ailleurs la même.

Soit a (fig. 18) une des formes tétartoédriques (Λ^3, C); soit a' sa symétrique par rapport à Π; l'ensemble aa' donne le groupe parahémiédrique Λ^6, Π, C; soit b la forme symétrique de a par rapport à un plan de symétrie P; l'ensemble ab donne le groupe parahémiédrique Λ^3, C, $3L^2$, 3P; soit de même b' la forme symétrique de a' par rapport au même plan. On a ainsi :

1° Groupe parahémiédrique . . . . . . aa', bb' : Λ^6, Π, C.
2° — — . . . . ab, $a'b'$: Λ^3, $3L^2$, C, 3P.
3° — — . . . . ab', ba' : Λ^3, $3L'^2$, C, 3P'.

Le solide présente des angles ab' et des angles ba'; nous pouvons devant un angle ab' placer, de l'autre côté du plan de macle, soit un angle ba', soit un angle ab', et chacun d'eux de deux façons différentes, ce qui nous donne les quatre macles que voici :

$$\begin{array}{c|c} b' & b \\ a & a' \end{array} \qquad \begin{array}{c|c} b' & a' \\ a & b \end{array} \qquad \begin{array}{c|c} b' & a \\ a & b' \end{array} \qquad \begin{array}{c|c} b' & b' \\ a & a. \end{array}$$

Soient (fig. 19) a, b' les pôles de deux faces du cristal P, symétriques par rapport à P'; comme les formes tétartoédriques sont centrées, nous trouverons encore, symétriquement par rapport à C, un a et un b'. Soient A, B les pôles des faces qui dans P' correspondent à a et b, par rapport à M. On voit qu'une rotation de 180° autour de N amène, dans tous les cas, B en b', A en a.

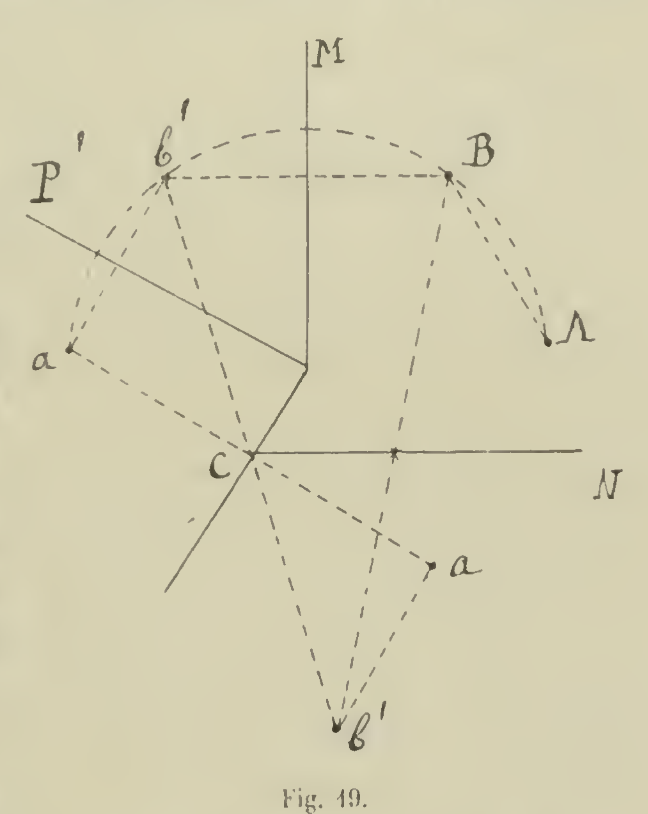


Fig. 19.

Premier mode. Dans ce cas $B = b$, $A = a'$; donc, après rotation autour de N, b du cristal de droite est sur b' du cristal de gauche, a' du cristal de droite sur a du cristal de gauche; pour avoir la coïncidence, il faut donc dans le cristal de gauche P, amener b' en b, a en a', c'est-à-dire faire changer de place les formes tétartoédriques dans les solides aa', bb' parahémiédriques (n° 1); or, ceci ne peut se faire qu'autour d'un axe existant dans le groupe n° 1, mais diminué dans la forme tétartoédrique, c'est-à-dire autour de A^3. On sait, en outre, qu'il n'y a hémitropie que si M passe par A^3 : le nombre et la position des axes d'hémitropie sont déterminés par le théorème IV, page 25.

Deuxième mode. Dans ce cas : $B = a'$, $A = b$. Après rotation autour de N, a' et b de P' viennent en b' et a de P; il faudra donc, dans P, faire venir b' en a', a en b, c'est-à-dire faire changer de place les formes tétartoédriques dans les solides hémiédriques ab, $a'b'$ (n° 2); or, ceci ne peut avoir lieu qu'autour d'axes de symétrie existant dans le groupe n° 2 et dimi-

nués dans le groupe tétartoédrique, c'est-à-dire autour des $3L^1$. Il n'y aura hémitropie que si M passe par un ou plusieurs L^1.

Troisième mode. Dans ce cas : $B = a$, $A = b'$; la rotation autour de N amène a en b', b' en a; il faudra alors, dans P, amener b' en a, a en b', c'est-à-dire faire changer de place les formes tétartoédriques dans les solides hémiédriques ab', ba' (n° 3), ce qui ne peut se faire qu'autour des axes diminués $3L'^1$. Il n'y aura hémitropie que si M passe par un ou plusieurs L'^1.

Quatrième mode. Dans ce cas : $B = b'$, $A = a$; donc, après rotation de 180° autour de N, il y a coïncidence; la normale au plan de macle est un axe d'hémitropie. Il y aura $3L_\pi$ lorsque M passe par Λ^3.

En résumé, voici les plans de macle donnant lieu à une hémitropie :

Premier mode. Face $d^{\frac{1}{m}} d^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{m+n}}$ d'un prisme hexagonal anomal : $3L_\pi$ horizontaux à 60°, dont un dans M; ils coïncident avec les $3L'^1$ pour d^1 et avec les $3L^1$ pour e^2.

Deuxième mode. 1° Face rhomboédrique directe ou inverse (L^1) : $1L_\pi$ à l'intersection de M et du P perpendiculaire;

2° Base a^1 $(3L^1)$: $3L_\pi$ suivant les $3L'^1$.

Troisième mode. 1° Face des rhomboèdres spéciaux provenant de l'hémiédrie des isoscéloèdres (L'^1) : $1L_\pi$ à l'intersection de M et du P' perpendiculaire;

2° Base a^1 $(3L'^1)$: $3L_\pi$ suivant les $3L^1$.

Quatrième mode. Toutes les macles se font par hémitropie autour de la normale au plan de macle. Lorsque M est une face $d^{\frac{1}{m}} d^{\frac{1}{n}} b^{\frac{1}{m+n}}$, il y a $3L_\pi$ horizontaux à 60°, dirigés suivant les $3L^1$ si M est d^1, et suivant les $3L'^1$ si M coïncide avec e^2.

APPENDICE.

La propriété trouvée page 12 n'est qu'un cas particulier du théorème suivant, qu'il est facile de démontrer directement.

Théorème. — *Si dans un polyèdre quelconque on considère les différents plans de symétrie et que dans chacun d'eux on ajoute les nombres obtenus en retranchant l'unité de l'ordre de chaque axe de symétrie y contenu, cette somme est constante et égale le nombre total de plans de symétrie diminué d'une unité.*

En effet, soit P un plan de symétrie contenant N axes A^n, P axes A^p, Q axes A^q. Comme l'intersection de deux plans de symétrie est un axe de symétrie, un autre plan de symétrie quelconque du système doit venir couper P suivant un des axes de symétrie y contenu. Donc, pour avoir tous les plans de symétrie du système, il suffira de compter tous ceux qui passent par les A^n, A^p, A^q contenus dans P. Or, par un A^n, ou il ne passe pas de plans de symétrie ou il en passe n; mais, comme il passe déjà P, il s'ensuit que nécessairement par un A^n, il passera, outre P, $n - 1$ plans de symétrie; de même, par chaque A^p, outre P, il passera $p - 1$ plans de symétrie, et ainsi de suite. Par conséquent, le nombre total de plans de symétrie sera

$$\Pi = 1 + N(n-1) + P(p-1) + Q(q-1),$$

d'où

$$N(n-1) + P(p-1) + Q(q-1) = \Pi - 1.$$

OBSERVATIONS

ASTRONOMIQUES & MAGNÉTIQUES

EXÉCUTÉES

SUR LE TERRITOIRE DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO

PAR

LE CAPITAINE ADJOINT D'ÉTAT-MAJOR **A. DELPORTE**,

docteur en sciences physiques et mathématiques,

ET

LE CAPITAINE ADJOINT D'ÉTAT-MAJOR **L. GILLIS**.

(Présenté à la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique, le 5 novembre 1892.)

TABLE DES MATIÈRES.

OBSERVATIONS

ASTRONOMIQUES & MAGNÉTIQUES

EXÉCUTÉES SUR LE TERRITOIRE

DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO.

NOTICE

Le capitaine Delporte fut chargé par le Gouvernement belge d'aller faire en Afrique des observations astronomiques et magnétiques. Sur sa proposition, je lui fus désigné comme adjoint. (Loi du 2 juin 1890.)

Dans une brochure portant pour titre : *Exploration du Congo,* par le capitaine A. Delporte, Bruxelles, Hayez, 1890, le chef de la mission exposait en détail le programme qu'il devait s'efforcer de remplir.

Le capitaine Delporte s'était acquis la confiance du Gouvernement par ses travaux antérieurs. Après avoir fait des études humanitaires complètes, il avait pris un engagement dans l'armée; il fit de brillantes études à l'École militaire et puis à l'École de guerre. Son diplôme d'adjoint d'état-major obtenu, et pendant qu'il faisait ses stages à l'artillerie et à la cavalerie, il commença à suivre les cours de l'Université de Bruxelles. Après quatre années d'études, il subit avec la plus grande distinction l'examen de docteur en sciences physiques et mathématiques.

Il travailla au bureau géodésique de l'Institut cartographique militaire tout en professant à l'École de guerre les cours de mathématiques, d'astronomie et de géodésie.

En 1884, le colonel d'état-major Hennequin, directeur de l'Institut cartographique militaire, l'envoyait à Hamipré, près de Neufchâteau, pour y faire les observations astronomiques nécessaires à la mesure de l'arc de méridien Lommel-Hamipré. Il lui adjoignait, pour ces opérations, son premier élève, le lieutenant adjoint d'état-major Jungers. Afin d'avoir autant de certitude que possible dans les résultats du calcul de cet arc, le capitaine Delporte allait

en 1886 à Lommel pour y recommencer la détermination d'une latitude et d'un azimut. Enfin, en 1888, il faisait des observations analogues à Nieuport.

En 1885, le lieutenant Jungers, aujourd'hui capitaine d'état-major, ayant quitté l'Institut cartographique militaire pour aller au Congo y diriger le service topographique, je fus adjoint au capitaine Delporte pour faire les observations astronomiques de Lommel et de Nieuport.

Les travaux astronomiques du capitaine Delporte à Hamipré, à Lommel et à Nieuport sont exposés dans les fascicules 1, 2 et 3 du tome VI de la *Triangulation du royaume de Belgique*.

Le 3 juillet 1890, nous nous embarquions à Anvers; nous arrivions à Matadi le 5 août et nous y commencions les observations exposées dans le présent rapport.

A la fin du mois de février 1891, après que nous avions fait les observations de Bassoko, à l'embouchure de l'Arruwimi, je fus atteint de dysenterie. Sur l'avis du docteur Dupont, le capitaine Delporte prit la décision de me faire regagner l'Europe en prenant le premier steamer qui descendrait le Congo. Quelques jours plus tard, le chef de la mission scientifique était, lui aussi, frappé de la même maladie.

Bien que souffrant et avec un courage digne d'un meilleur sort, le capitaine Delporte profita du premier steamer qui remontait le Congo pour aller observer aux Falls. Nous ne perdions néanmoins pas de temps pour rentrer en Europe, car c'était le même steamer de la *Société anonyme belge pour le commerce du Haut-Congo* qui nous conduisait aux Falls, qui devait nous descendre ensuite jusque Léopoldville. Nous quittâmes les Falls le 10 avril pour revenir en Belgique. L'état du malheureux chef de la mission alla s'empirant graduellement, et le 26 mai, il expirait à la M'Pozo, à une lieue et demie de Matadi.

L'armée belge et la science ont fait une perte incalculable : l'École de guerre reconnaissait un excellent professeur dans la personne du capitaine Delporte, l'Institut cartographique militaire un géodésien distingué, et l'armée belge un officier savant, un travailleur infatigable.

Bruxelles, le 31 juillet 1892.

Le capitaine adjoint d'état-major,

GILLIS.

INTRODUCTION

CHAPITRE PREMIER.

OBSERVATIONS ASTRONOMIQUES.

DESCRIPTION DU CERCLE MÉRIDIEN.

Cet instrument a été construit sur commande à Paris, dans les ateliers de la maison Secrétan. (Voir pl. I.)

L'objectif de la lunette a $0^{m},052$ d'ouverture et $0^{m},55$ de longueur focale principale. Ces dimensions ont été adoptées afin de pouvoir observer les étoiles de la Lune. Le tube est formé de deux cylindres de laiton vissés sur le cube central de l'axe de rotation. Le réticule porte neuf fils horaires et un dixième fil perpendiculaire aux premiers servant à l'observation des distances zénithales. Chaque espace compris entre deux fils correspond à douze secondes de temps, ce qui est un minimum pour prendre l'heure au chronomètre entre les passages d'une étoile à deux fils successifs.

Le nombre des fils horaires a été fixé à neuf pour avoir l'heure du passage de la Lune et des étoiles au méridien à moins d'un dixième de seconde, tout en évitant d'observer trop en dehors du méridien. L'oculaire coudé permet les observations au zénith; de plus, il est doué d'un mouvement parallactique, de sorte que son axe optique venant se placer successivement sur chaque fil du réticule, l'observation du passage du bord de la Lune ou d'une étoile peut être faite avec exactitude.

L'axe de rotation est en laiton, ses extrémités sont en acier trempé. Il est percé d'un trou cylindrique par lequel pénètre la lumière servant à l'éclairage du champ. Au milieu du cube, un miroir argenté, incliné à quarante-cinq degrés sur l'axe optique de la lunette, réfléchit la lumière vers le réticule.

L'un des cônes de l'axe de rotation porte un cercle d'un diamètre intérieur

de dix-sept centimètres et divisé de dix en dix minutes; une alidade concentrique est armée de deux verniers donnant les dix secondes. L'autre cône de l'axe de rotation porte une pince avec vis de serrage pour fixer la lunette; cette pince est munie d'une vis de rappel. Dans son mouvement, la lunette entraîne le cercle, tandis que l'alidade, au moyen d'une tige terminée en fourche, est maintenue dans sa position par deux vis antagonistes.

Le pied de l'instrument est en fonte de fer coulé d'une seule pièce. Le socle porte trois vis calantes qui reposent sur trois crapaudines en cuivre dont une présente un plan, la deuxième une concavité où s'engage la vis, la troisième une glissière qui permet à l'instrument un déplacement en azimut de deux degrés environ. Aux sommets des deux montants, sont encastrés les coussinets en bronze destinés à recevoir les extrémités de l'axe de rotation de la lunette.

La lecture et l'éclairage des verniers, le soir, demandent quelques précautions. Il importe que le porte-loupes que l'on manœuvre pendant la lecture des verniers ait un mouvement concentrique à celui du cercle et de l'alidade, tout en étant indépendant des axes de ces derniers; car pour peu que le mouvement de rotation du porte-loupes devienne un peu dur, on risque de voir se produire un entraînement de l'alidade sur le cercle. Ce desideratum a été réalisé en fixant les axes des porte-loupes aux montants du pied.

L'éclairage du champ de la lunette ainsi que celui des verniers sont obtenus au moyen d'une lanterne reposant sur un plateau fixé au montant à une hauteur telle que la flamme est au niveau de l'axe de rotation; les bras du porte-loupes ont été évidés, afin qu'ils ne portassent point d'ombre sur les verniers. Les rayons de la flamme de la lanterne frappent ainsi le cercle et les verniers suivant la direction des traits de leurs divisions, chose indispensable pour distinguer sûrement la division du vernier qui se trouve dans le prolongement d'une division du limbe.

L'horizontalité de l'axe de rotation est réglée au moyen d'un niveau mobile; la valeur d'une division de ce niveau, mesurée au cercle mural de l'Observatoire royal de Bruxelles par M. Byl, fut trouvée être de $0^s,237$.

Le trépied a la forme d'une solide table. La tablette en noyer a six centi-

mètres d'épaisseur; elle a la forme d'un triangle isocèle à coins arrondis. Les montants en chêne ont six centimètres d'équarrissage; ils sont solidement reliés à leurs parties supérieures et à leurs parties inférieures par de fortes entretoises en chêne de dix centimètres de largeur; ils sont terminés à leurs parties inférieures par des pointes en laiton de vingt centimètres de longueur; les vis employées dans l'assemblage sont en cuivre, ce trépied servant aussi à supporter le théodolite magnétique.

Au point milieu de la hauteur du triangle isocèle formé par la tablette, affleure un écrou en cuivre; cet écrou est destiné à recevoir une vis qui fixe une alidade à pinnules, alidade dont nous donnons ci-dessous la description et l'usage. Enfin cet écrou occupe aussi une position centrale par rapport à trois galets en cuivre incrustés dans la tablette et qui reçoivent les vis calantes du théodolite magnétique.

Le trépied forme donc une espèce de pilier portatif permettant de circuler autour de l'instrument sans crainte de lui donner un choc, ce qui n'est pas le cas lorsqu'on fait usage d'un trépied ordinaire à trois branches articulées. De plus, comme mesure de sécurité et comme facilité de travail, le pilier était entouré d'une balustrade circulaire, sur laquelle l'observateur pouvait appuyer les mains pendant l'observation.

L'alidade est en cuivre; les deux pinnules peuvent se rabattre. Au milieu de la règle, et sur la ligne de foi, est percée une ouverture circulaire dans laquelle pénètre une vis prenant écrou dans la tablette. La règle porte trois tringles évidées à leurs extrémités de façon à maintenir à frottement dur les crapaudines du cercle méridien. Ces évidements occupent des emplacements tels que, contenant les crapaudines, les échancrures de celles-ci reçoivent exactement les vis calantes du cercle méridien, et que l'axe optique de la lunette se trouve dans le plan vertical de la ligne de foi de l'alidade.

MISE EN STATION DU CERCLE MÉRIDIEN.

La valeur de la déclinaison magnétique se déduisait de la valeur trouvée à une station précédente, modifiée en tenant compte du déplacement approximatif en longitude et en latitude. Le déclinatoire était posé contre la base du

triangle isocèle que forme le trépied, et cette base était ainsi dirigée plus ou moins grossièrement dans le méridien. Le trépied était alors enfoncé dans le sol jusqu'à refus. Cela fait, le théodolite magnétique était mis en station, et l'aiguille marquant la déclinaison magnétique supposée, l'observateur mettait l'œil à la lunette et faisait des signaux à un aide pour faire planter un jalon dans le méridien, à quelques centaines de mètres de l'instrument. Le théodolite magnétique était enlevé et remplacé par l'alidade. La ligne de foi était dirigée sur le jalon, puis la vis de serrage fixait solidement cette alidade à la tablette. Les crapaudines étaient alors mises en place et le cercle méridien étant posé sur le trépied, le jalon se trouvait ainsi dans le champ de la lunette. Agissant sur la vis de la crapaudine à glissière, l'axe optique de la lunette était dirigé sur le jalon, et l'instrument était ainsi fort approximativement placé dans le méridien.

L'horizontalité de l'axe de rotation était réglée avec le plus grand soin ; le niveau mobile avait été demandé très sensible au constructeur, afin d'éviter de mesurer l'inclinaison et de simplifier les calculs de réduction des observations en négligeant cette erreur instrumentale. Si, par l'agencement des observations et le choix des étoiles, on peut éliminer presque complètement les erreurs dues à la collimation et à la déviation azimutale, il n'en est pas de même de l'erreur d'inclinaison; au point de vue des observations en voyage, il est plus pratique de la rendre presque nulle par un nivellement aussi parfait que possible que de la mesurer et de l'introduire ensuite dans les calculs de réduction.

DÉTERMINATION DU MÉRIDIEN.

Le cercle méridien a des avantages sur les altazimuts. Outre une plus grande stabilité en azimut et une plus grande simplicité de construction qui en facilite l'usage et le rend moins sujet à des dérangements pendant les observations, il permet l'emploi des méthodes les plus simples et exigeant le moins de calculs. Aussi, pour les besoins de la géodésie, a-t-on construit des cercles méridiens portatifs armés de microscopes micrométriques et de fil

mobile au réticule pour la détermination des latitudes et des différences de longitude.

La supériorité de la lunette méridienne se manifeste surtout dans la mesure des différences de longitude au moyen de la méthode des culminations lunaires.

Si l'on emploie peu en voyage le cercle méridien de petites dimensions, cela provient principalement de ce qu'il faut d'abord déterminer fort approximativement le méridien pour mettre cet instrument en station. Le capitaine Delporte, dans son *Astronomie et Cartographie pratiques*, pages 53 et suivantes, après avoir montré les difficultés et les longueurs des observations en voyage par les hauteurs correspondantes, finit par préconiser une méthode facile de déterminer le méridien et conseille de faire, même à l'aide du théodolite, les observations d'heure et de latitude dans le méridien. Grâce à cette méthode, l'emploi du cercle méridien devient d'un usage pratique en voyage. Nous avons dit plus haut comment, à l'aide de la déclinaison magnétique supposée, la lunette méridienne était placée approximativement dans le méridien. La déviation azimutale pouvait alors être rectifiée au début de la soirée par l'observation d'une équatoriale et d'une circompolaire. Ou bien, dans une station importante où l'on devait observer plusieurs jours l'un après l'autre, la première soirée était consacrée à l'observation de l'heure et de la latitude; la déviation azimutale était calculée le lendemain, la distance du jalon à l'instrument mesurée à la chaîne, la position du jalon rectifiée et la déviation azimutale corrigée.

Il n'est pas hors de propos d'exposer cette méthode du tracé de la méridienne. On choisit deux étoiles, l'une située dans le voisinage de l'équateur, l'autre assez rapprochée du pôle, quoique pas trop près de l'horizon. Au moment où l'équatoriale passe au centre du réticule, on note l'heure du chronomètre. Soit $A\!R$ l'ascension droite de l'étoile, $dh = A\!R - h$ sera la correction du chronomètre. Soit alors $A\!R'$ l'ascension droite de la circompolaire. On suivra cette circompolaire par un mouvement azimutal de la lunette jusqu'au moment où le chronomètre indiquera l'heure $A\!R' - dh$. Si en cet instant l'étoile est au centre du réticule, l'axe optique se trouve très près du méridien.

Justifions notre assertion. Pour déterminer l'heure par l'observation d'une étoile, si l'on admet que la collimation et l'inclinaison sont nulles, on a la formule

$$h + D\frac{\sin z}{\cos \delta} + dh = Æ,$$

h étant l'heure observée, D la déviation azimutale de l'axe optique, z la distance zénithale de l'étoile, δ sa déclinaison, Æ son ascension droite, dh la correction du chronomètre. Or, supposons qu'au moment où commence l'observation, on ait $D = 1°$, nous sommes en un point dont la latitude est $\varphi = -5°$ et nous observions υ du Lion dont l'ascension droite est $Æ = 11^h31$ et la déclinaison $\delta = -0°12'$. D'après la formule $z = \varphi - \delta$, on a $z = -4°48'$. Alors, en désignant par b la fraction $\frac{\sin z}{\cos \delta}$, on a $b = 0{,}08368$. Nous avons pris $D = 1°$ ou 4 minutes en temps, donc dans l'observation de l'heure, nous commettons une erreur $Db = 20^s08$. Prenons maintenant une étoile assez rapprochée du pôle sud, α_1 Croix dont l'ascension droite est $Æ' = 12^h20$, la déclinaison $\delta' = -62°28'$. Alors $z' = +57°28'$ et $b' = 1{,}824$. Au moment où le chronomètre marque l'heure $Æ' - dh$, amenons le centre du réticule sur cette étoile. L'erreur commise sur la direction du méridien sera

$$D' = \frac{20^s08}{1.824} = 11^s00.$$

Ainsi la déviation azimutale, qui était de 4 minutes de temps, n'est plus que de 11 secondes. Nous l'avons donc divisée par 22 environ.

Si l'on fait une nouvelle observation de deux étoiles, par exemple γ_1 Vierge et β Croix, on trouvera pour déviation azimutale résidue

$$D'' = 0^s05.$$

L'observation de ces quatre étoiles aura duré 1^h10^m. Or, nous avons supposé $D = 1°$, et nous avons fait deux fois l'opération. En général, D n'atteint pas un demi-degré et il suffit d'observer deux étoiles.

Remarquons encore que cette méthode n'exige d'autre calcul qu'une soustraction et une addition, et qu'elle est applicable sous toutes les latitudes.

DÉTERMINATION DE LA LATITUDE.

Une valeur de la latitude était obtenue par la moyenne des observations de quatre étoiles. L'instrument étant dans la position cercle à l'Est, on prenait les distances zénithales de deux étoiles, l'une au Sud, l'autre au Nord du zénith ; l'instrument étant alors retourné, c'est-à-dire mis dans la position cercle Ouest, on prenait de nouveau les distances zénithales de deux étoiles, l'une au Sud, l'autre au Nord du zénith. Les distances zénithales lues étaient corrigées de la réfraction pour baromètre $0^m,755$ et thermomètre $+ 20^o$.

Substituant dans la formule $\varphi = z + \delta$, nous avions ainsi quatre valeurs dont la moyenne est la latitude cherchée.

Cette formule est vraie dans tous les cas si l'on a soin de prendre φ, δ et z avec leurs signes : φ et δ sont positifs au Nord de l'équateur, négatifs au Sud ; z est positif au Sud du zénith, négatif au Nord.

Si, au lieu de quatre étoiles, on a pu en observer un plus grand nombre, on groupe les valeurs obtenues pour la latitude dans les quatre positions de la lunette : objectif Nord, objectif Sud, lunette à l'Est, lunette à l'Ouest. Dans chaque groupe on fait la moyenne : on a ainsi quatre valeurs dont la moyenne est la latitude demandée.

Le cercle de l'instrument est gradué de façon à donner directement les distances zénithales. L'erreur due à la position du point zénithal sur le cercle lorsque la bulle du petit niveau est entre ses repères, est restée sensiblement constante. Du 10 août 1890 au 4 janvier 1891, elle est : $N = + 1'.45''$ cercle à l'Est et $N = - 1'.45''$ cercle à l'Ouest. Le 5 et le 6 janvier, N a été modifiée en agissant sur la vis de réglage du niveau de l'alidade, $N = - 28''$ cercle Est du 7 janvier au 14 avril. Par suite du transport de l'instrument des Falls au Bas-Congo, nous avons $N = - 20''$ cercle Est pour les observations du 14 juin au 4 juillet.

Exactement la correction N devrait être appliquée à la distance zénithale lue, puis, ayant calculé la réfraction ρ pour la distance zénithale corrigée, on attribuerait à z, qui figure dans la formule $\varphi = z + \delta$, la valeur $z = z$ corrigée $+ \rho$.

Mais remarquons que l'erreur commise sur la réfraction calculée pour z, lue au lieu de z corrigée, c'est-à-dire pour une différence de $1'.45''$, n'est que de $0'',03$. Or, nous calculons la latitude avec une seule décimale pour avoir la seconde entière dans la moyenne finale. De plus, l'agencement des observations, c'est-à-dire la détermination de la latitude au moyen de quatre étoiles, a été adoptée afin d'éliminer en grande partie les erreurs instrumentales telles que N, la collimation, la déviation azimutale et aussi l'erreur commise sur la réfraction. Si nous avons introduit la correction N dans le tableau « Observations des latitudes », c'est que nous avions principalement pour but de vérifier les résultats des observations. Nous avions dû chercher N pour utiliser les observations des jours où, le ciel s'étant couvert pendant le travail, il ne fut pas possible d'observer une série complète de quatre étoiles dans les diverses positions de la lunette.

DÉTERMINATION DE L'HEURE ET DE LA LONGITUDE.

La collimation, l'inclinaison et la déviation azimutale étant réglées aussi exactement que possible, l'heure était observée dans les quatre positions de la lunette.

L'heure de passage des étoiles a été calculée au moyen de la formule

$$H = h + a \text{ séc } \delta + Db,$$

h étant la moyenne des observations aux différents fils, a la correction des fils, D la déviation azimutale, b le coefficient sin z séc δ.

Les étoiles étant groupées dans chaque position de la lunette, on obtenait quatre dh dont on prenait la moyenne.

L'heure du passage du centre de la Lune au méridien est donnée par la formule

$$H = h + aF \text{ séc } \delta + S + Db,$$

S étant la durée du passage du demi-diamètre, et F un coefficient $= \frac{1}{1-\varkappa} \frac{\sin z}{\sin z_1}$; le facteur $\frac{1}{1-\varkappa}$ provient de ce que la Lune parcourt un peu moins de 15° en une seconde de temps; le facteur $\frac{\sin z}{\sin z_1}$ provient de la parallaxe.

Si nous faisons

$$F_1 = \frac{1}{1 - \varkappa},$$

alors

$$F = F_1 \frac{\sin z}{\sin z_1}.$$

$\frac{\sin z}{\sin z_1}$ est toujours très voisin de l'unité, et l'on a

$$S = \frac{r''}{15} \frac{\text{séc}\,\delta}{1 - \varkappa} = \frac{r''}{15} F_1 \,\text{séc}\,\delta;$$

r'' est le demi-diamètre en arc, donc $\frac{r''}{15} = r^s$ est le demi-diamètre en temps. r'' et S sont donnés dans les éphémérides.

Nous avons donc

$$S = r^s F_1 \,\text{séc}\,\delta,$$

d'où

$$F_1 \,\text{séc}\,\delta = \frac{S}{r^s},$$

ce qui dispense de calculer séc δ.

En calculant directement et en détail F séc δ, le résultat qu'on trouve ne diffère que de 0,004 de F_1 séc δ.

Ainsi, pour la réduction des observations de la Lune, nous avons pu employer la formule

$$H = h + aF_1 \,\text{séc}\,\delta + S + Db.$$

Correction des fils. Les distances des fils ont été mesurées, avant le départ pour l'Afrique, par de nombreuses observations de circompolaires. La différence entre la moyenne des fils et le fil milieu est $a = -0^s,40$ dans la position cercle Est.

Collimation. On ne peut pas demander à un instrument qu'on transporte constamment d'une localité à une autre de conserver une collimation invariable; par suite des chocs et des vibrations, on ne peut jamais répondre que l'une ou l'autre vis ne se soit desserrée. De plus, en voyage, on ne peut pas non plus mesurer à volonté cette constante avec une précision suffisante. C'est pourquoi il avait été admis en principe qu'en général on ne mesurerait pas la collimation, mais que l'on procéderait toujours à un retournement de la lunette pendant le cours des observations, afin que l'effet de cette erreur instrumentale fût éliminé du résultat définitif.

Déviation azimutale. La déviation azimutale se calcule par la formule

$$D = [(Æ - Æ') - (h - h')] \frac{1}{b - b'},$$

Æ, h et b étant les éléments d'une circompolaire, Æ$'$, h' et b' les éléments d'une équatoriale; $b = \sin z \text{ séc } \delta$.

Dans les régions équatoriales, à défaut de circompolaire on peut appliquer cette formule à deux étoiles situées à grande distance l'une au Nord, l'autre au Sud du zénith.

Remarque. Pour l'observation de la Lune, si l'instrument reste dans la même position pendant les observations, et si l'on observe seulement des étoiles voisines du parallèle de la Lune, le dh de cette dernière ne sera pas affecté des erreurs dues à la collimation et à la déviation azimutale. Mais si l'on retourne l'instrument et si l'on tient compte des étoiles observées au Sud et au Nord du zénith, il faut alors introduire les corrections de la collimation et de la déviation azimutale.

Inclinaison. L'inclinaison n'était pas observée. Nous avons dit précédemment que l'instrument est muni d'un niveau très sensible. Cette sensibilité a été demandée au constructeur afin de régler l'horizontalité aussi parfaitement que possible, dans le but de simplifier les calculs de réduction des observations.

La détermination des longitudes a été faite au moyen d'observations des culminations de la lune et par le transport de l'heure.

L'observation de la longitude par les passages de la lune au méridien a été calculée d'après la deuxième méthode exposée dans la *Connaissance des Temps*.

Le calcul des différences de longitude par le transport de l'heure a été mis en pratique dans le voyage par terre de Matadi à Léopoldville.

Entre Léopoldville et Bassoko, le voyage s'étant fait par eau, nous avons pu combiner les résultats fournis par les chronomètres avec ceux des observations lunaires.

L'expédition était pourvue de deux chronomètres de temps sidéral fournis par la maison Hohü, d'Amsterdam. Nous avions pris deux de ces instruments parce qu'un accident est toujours à craindre : un chronomètre peut tomber et être mis hors de service ou seulement s'arrêter ; nous nous étions arrêtés au nombre deux pour limiter les dépenses. La maison Hohü a pleinement justifié la réputation dont elle jouit : nos chronomètres ont été transportés par terre pendant cinquante jours ; chacun d'eux étant enveloppé dans une couverture de laine, était mis sur la tête d'un noir intelligent ; non seulement aucun des deux instruments ne s'est arrêté, mais nous n'avons constaté aucun à-coup dans leur marche. Certes, les *dh* ont varié, mais progressivement et sans à-coup. Étant données les mauvaises conditions du pays, nous pouvons dire que ces instruments se sont comportés admirablement bien.

Comme éphémérides, nous avons utilisé la *Connaissance des Temps*.

CHAPITRE II.

OBSERVATIONS MAGNÉTIQUES.

DESCRIPTION ET DISCUSSION DU THÉODOLITE MAGNÉTIQUE.

Cet instrument a été construit dans les ateliers de la maison Ed. Sacré, de Bruxelles, d'après les plans du capitaine Delporte, spécialement au point de vue des observations à exécuter en Afrique (voir pl. II).

Il porte sur trois vis calantes une colonne verticale, sur laquelle est fixé un cercle azimutal; concentrique à celui-ci est un cercle alidade. Le cercle extérieur porte quatre verniers, le cercle intérieur un limbe gradué de 0° à 360° en sens direct.

Le limbe donne le demi-degré, chaque vernier donne la minute. Le cercle intérieur est mobile autour de l'axe; il peut être rendu solidaire avec le cercle extérieur au moyen d'une pince munie d'un mouvement doux. Le cercle extérieur fait corps avec la colonne; il peut être arrêté dans son mouvement par une pince qui le rend solidaire avec le pied portant les vis calantes. Cette pince a aussi son mouvement doux. Deux supports fixés au cercle extérieur reçoivent les tourillons d'une lunette L.

Sur le cercle intérieur est fixé, au moyen d'embases, une lunette à l'intérieur de laquelle se trouve une aiguille aimantée tournant sur un pivot de bronze. L'axe optique de cette lunette est parallèle au limbe. Le pivot de l'aiguille doit être sur l'axe de l'instrument. Nous appellerons *déclinomètre* la lunette à l'intérieur de laquelle se trouve l'aiguille aimantée.

Lorsqu'on a corrigé la collimation de la lunette principale L, celle-ci a son axe optique perpendiculaire à l'axe des tourillons. Alors, si l'on amène au zéro le vernier n° 1, il faut que la lunette principale L et le déclinomètre aient leurs axes optiques dans un plan vertical. On s'en assure en visant un même jalon avec les deux lunettes, et s'il y a lieu on corrige la différence

par le réticule du déclinomètre muni à cet effet de deux vis antagonistes comme pour la correction de la collimation.

Ces deux collimations étant corrigées, il se peut que le pivot de l'aiguille ne se trouve pas dans le plan vertical de l'axe optique du délinomètre. Si alors nous supposons l'axe optique de la lunette principale dans le méridien astronomique et l'aiguille dans le méridien magnétique, le cercle donnera l'angle compris entre les deux axes optiques et non pas l'angle de déclinaison. Cette erreur est analogue à celle qui se produit quand le point de suspension de l'aiguille ne se trouve pas sur l'axe de figure de l'aiguille. Elle se corrige en retournant l'aiguille bout pour bout. Ainsi, dans une première observation, l'objectif du déclinomètre étant du côté Nord, dans la seconde, cet objectif sera du côté Sud; nous éliminons de la sorte l'erreur due à la *collimation du pivot*.

A la rigueur, on peut corriger cette collimation du pivot par le réticule du déclinomètre; mais alors, si l'on vise un même jalon avec le déclinomètre et avec la lunette principale, les verniers donneront un certain angle dont il faudra corriger la déclinaison observée.

Il se peut en outre que l'axe magnétique de l'aiguille ne coïncide pas avec l'axe de figure. Cette erreur, que nous appelons *collimation de l'aiguille*, s'élimine par le retournement de l'aiguille face pour face.

En résumé, nous sommes amenés à faire quatre observations de déclinaison pour éliminer les erreurs dues à la collimation du pivot et à la collimation de l'aiguille.

CONSTRUCTION DU DÉCLINOMÈTRE.

Réticule. On doit pouvoir viser la pointe de l'aiguille qui se trouve du côté de l'oculaire; si le réticule portait des fils, ceux-ci seraient souvent brisés en maniant l'aiguille. Une lame de verre mince aurait offert aussi des inconvénients; il faut ouvrir souvent la portière du déclinomètre pour placer ou retirer l'aiguille, la plaque de verre aurait pu se couvrir de buée ou de poussière, et l'opération de la retirer pour l'essuyer, la remettre en place et vérifier la collimation aurait toujours été délicate et dangereuse. On a obvié

à ces inconvénients en traçant les traits du réticule sur l'oculaire lui-même. Les deux verres de cet oculaire peuvent se rapprocher ou s'écarter l'un de l'autre pour la mise au point. Enfin, l'oculaire tout entier peut se mettre au point pour la visée de la pointe de l'aiguille. Théoriquement, il faudrait que la pointe de l'aiguille fût dans le plan même du réticule. Toutefois l'expérience démontre que la mise au point pour la vue distincte peut, sans inconvénient, varier de près d'un millimètre. On amène donc l'oculaire à affleurer l'aiguille sans la toucher. On n'a pas à craindre un parallaxe, parce que la visée se fait au centre du réticule et non pas à un fil latéral. D'ailleurs, l'instrument ne donne que la minute et la petite parallaxe provenant du déplacement possible de l'œil est négligeable.

Objectif. L'objectif a $0^{m},20$ de distance focale, sa mise au point se fait, contrairement à l'usage, par l'objectif lui-même auquel est adaptée une crémaillère. Cette mise au point est nécessaire quand il faut viser un jalon pour chercher la position initiale de l'angle mesuré.

Aiguille. Elle a la forme d'un prisme à section rectangulaire, le grand côté de cette section étant vertical; elle offre plus de stabilité que les aiguilles plates en forme de losange employées d'ordinaire. Ces dernières ont pour elles la facilité de construction, mais elles subissent des mouvements de tremblement fort gênants pour une observation de précision. L'aiguille est fendue à ses extrémités et dans la fente on a introduit une petite lame de platine en forme de trapèze. Cette lame a $0^{m},0001$ d'épaisseur et donne ainsi l'aspect d'une pointe qu'il est possible de viser; l'épaisseur apparente est de $0^{m},001$. Au lieu de la bissecter, on a fait graver sur l'oculaire deux traits verticaux distants de $0^{m},0002$, de façon à amener la pointe de l'aiguille entre ces deux traits, comme on le fait dans les microscopes des instruments d'astronomie.

L'aiguille doit avoir une longueur suffisante pour accuser sur le réticule un déplacement d'une minute d'arc; or, à l'œil nu on apprécie facilement une longueur de $0^{m},00025$. Le grossissement de l'oculaire est égal à 10; on a

$$d = r \operatorname{tg} 1', \quad r = \frac{d}{\operatorname{tg} 1'}, \quad d = 0^{m},000025,$$

d'où

$$r = 0^{m},086;$$

donc la longueur de l'aiguille doit être de 17 centimètres. C'est la longueur adoptée pour les aiguilles et les barreaux.

La hauteur de l'aiguille est de 4 millimètres; elle pèse 5 grammes. Elle porte à frottement doux sur une chape en agate, de façon à pouvoir être retournée face pour face; le point de suspension est un peu au-dessus de l'aiguille, afin d'augmenter la stabilité.

Afin de pouvoir établir l'horizontalité de l'aiguille, on l'a munie de deux curseurs. En Europe, il suffit d'avoir un seul curseur placé du côté de la pointe Sud; au Sud de l'équateur magnétique, ce curseur doit être placé sur la pointe Nord. Pour ne pas être obligé d'opérer ce changement en voyage, on a mis deux curseurs; un petit déplacement de l'un d'eux suffit pour établir l'équilibre.

Pivot. Le capitaine Delporte a adopté la suspension de l'aiguille sur pivot.

Dans les théodolites magnétiques, l'aiguille est suspendue à un fil de cocon : théodolite Gambey, Lamont, Moureaux, etc.; la même aiguille sert à la mesure de l'intensité. Le capitaine Delporte a préféré séparer les deux problèmes, pour la raison qu'il avait à observer la déclinaison bien plus souvent que l'intensité.

Valerius (*Phénomènes de la nature,* t. I, p. 193) fait la remarque suivante :

« Les variations diurnes sont trop faibles pour qu'on puisse les observer convenablement au moyen de la boussole ordinaire. En effet, avec cet instrument, l'aiguille aimantée eût-elle une longueur de deux à trois décimètres, il serait difficile d'observer les douzièmes de degré, c'est-à-dire des angles de cinq minutes. D'ailleurs, le frottement dû à la suspension de l'aiguille sur un pivot nuit trop à la sensibilité de la boussole ordinaire pour qu'elle soit propre à l'observation des variations diurnes. Enfin, la lecture des angles exigeant qu'on approche de l'instrument, on imprime nécessairement à celui-ci des secousses qui font osciller l'aiguille et troublent les mouvements qu'il s'agit d'observer. »

Ces inconvénients ont amené Gauss à imaginer son déclinomètre ou magnétomètre unifilaire : l'aiguille est suspendue à un fil, le barreau porte à l'une de ses extrémités un miroir qui lui est perpendiculaire et dans lequel se réfléchissent des divisions d'une règle placée à quelques mètres de distance.

Au fait, les deux modifications sont inséparables. Supposons que dans le théodolite Delporte on suspende l'aiguille :

1° L'immobilité serait difficile à obtenir et les balancements latéraux de l'aiguille empêcheraient l'observation dans son déclinomètre; mais ces balancements auraient moins d'inconvénients si l'aiguille portait un miroir.

2° L'horizontalité de l'instrument ne sera jamais parfaite, de sorte que le point de suspension de l'aiguille n'est plus sur l'axe de l'instrument. Encore une fois, cet inconvénient n'existe plus avec le miroir, car celui-ci reste perpendiculaire à la direction du méridien magnétique. Mais s'il est vrai qu'à la rigueur on peut introduire la suspension unifilaire dans le théodolite Delporte, on ne peut lui appliquer le miroir, qui ne pourrait fonctionner dans son déclinomètre. Alors on en revient au théodolite magnétique Lamont. Dans celui-ci, un barreau aimanté entraîne dans son mouvement un miroir perpendiculairement auquel se place une lunette; le tout est porté par le même pied. Ainsi d'abord :

1° On n'évite pas de s'approcher de l'aiguille et on ne l'évitera jamais en campagne;

2° On ne peut plus employer une échelle divisée : on vise dans le miroir l'image du réticule. Pour cela la mise au point doit être faite pour l'infini, et il n'est pas très facile de voir l'image du réticule dans un miroir. Les tâtonnements qu'il faudrait faire pour amener la lunette à être perpendiculaire au miroir seraient laborieux, car on ne connaît pas d'avance cette position et le miroir n'est pas fixe : il oscille avec l'aiguille;

3° Le réticule doit être fortement éclairé : pour cela il y a en arrière du réticule une ouverture avec miroir incliné à 45°, mais à la lumière diffuse il est presque impossible de voir les fils par réflexion.

D'ailleurs, l'observation de Valerius porte sur les petites variations. Il dit bien qu'avec une boussole ordinaire on ne peut apprécier cinq minutes, mais

il s'agit d'une observation faite à l'œil nu ou, tout au plus, au moyen d'une loupe à main : ici le grossissement est faible et il y a toujours une forte parallaxe. Dans le déclinomètre Delporte, on peut apprécier de faibles déplacements; nous avons vu précédemment qu'un déplacement de l'aiguille d'une minute a une grandeur apparente d'un quart de millimètre, ce qui ne peut passer inaperçu. D'un autre côté, les observations sont faciles : il n'y a pas à craindre la torsion du fil, ce qui, après tout, compense un peu la résistance du pivot. Une petite inclinaison instrumentale est sans inconvénient.

Vouloir opérer toujours avec un barreau suspendu à un fil, c'est s'exposer à devoir attendre longtemps que le barreau soit immobile, et il est à craindre que souvent, faute de temps, on ne renonce à l'observation (*).

Pour la mesure de l'intensité, le barreau aimanté doit être lourd; d'un autre côté, la suspension sur pivot exige que l'aiguille soit légère. Vu l'impossibilité de concilier ces deux conditions, le capitaine Delporte a été amené à imaginer un magnétomètre dont l'aiguille est suspendue et qui peut se fixer sur le théodolite. Nous donnons plus loin la description de ce magnétomètre qui, en somme, est un second instrument qui s'applique sur le même pied que le déclinomètre.

Remarque. Le pivot du déclinomètre est en bronze; il ne peut, comme l'aiguille, être retiré de l'instrument. S'il était en acier, il pourrait influencer le magnétomètre.

Portière du déclinomètre. Afin que l'on puisse enlever l'aiguille du déclinomètre, le tube de celui-ci est muni d'une portière placée à la partie supérieure et occupant à peu près le tiers de la circonférence. La longueur de cette portière est à peu près celle de l'aiguille. Un bouton à ressort permet d'arrêter les oscillations de l'aiguille.

(*) Cette discussion ne peut être appliquée qu'à un instrument destiné à opérer dans l'Afrique équatoriale. Le capitaine Delporte, alors qu'il dessinait les plans de son théodolite magnétique, m'a dit : Si je faisais construire un instrument pour faire des observations en Belgique, je n'hésiterais pas à adopter le fil de suspension; si j'y renonce pour opérer en Afrique, c'est que je crains qu'en voulant trop bien faire, j'en arrive à ne presque rien faire.

MESURE DE L'INCLINAISON MAGNÉTIQUE.

Pour mesurer l'inclinaison, on emploie d'ordinaire une aiguille aimantée suspendue par son centre de gravité et mobile autour d'un axe horizontal. Dans les observations à la boussole d'inclinaison, il se peut que la ligne 0 — 180° du limbe vertical ne soit pas horizontale, et cela augmente ou diminue l'inclinaison trouvée. On élimine cette erreur en retournant le limbe de 180° et en prenant la moyenne des valeurs observées avant et après le retournement.

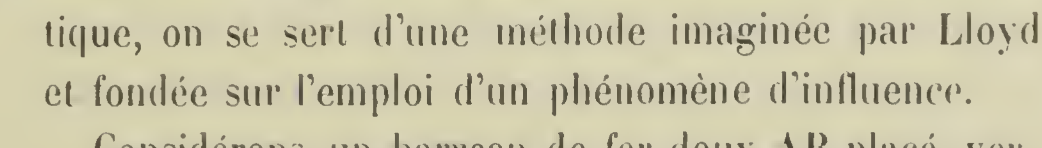
Il arrive aussi pour l'aiguille d'inclinaison, comme pour celle de déclinaison, que l'axe de figure qui joint les deux pointes n'est pas exactement confondu avec la ligne des pôles. Il faut alors enlever l'aiguille, la retourner sur elle-même de façon à changer les deux faces de place et recommencer, quand elle a pris cette nouvelle position, les observations précédentes. On prend alors la moyenne des résultats obtenus dans les deux positions de l'aiguille.

Mais l'aiguille d'inclinaison comporte une cause d'erreur de plus que l'aiguille de déclinaison. Il faut, en effet, que son axe de suspension passe exactement par son centre de gravité, car, si cela n'est pas, le poids de l'aiguille appliqué à ce centre agit pour augmenter ou diminuer l'inclinaison apparente. Pour corriger l'erreur qui résulte d'une suspension mal équilibrée, on avait imaginé un procédé que nous ne pouvons nous dispenser d'indiquer, parce qu'il est demeuré classique, mais qui n'est pas de nature à accroître la précision des mesures. Ce procédé consiste à renverser les pôles de l'aiguille. Si l'on était certain de communiquer à l'aiguille, dans cette position, un moment magnétique rigoureusement égal à celui qu'elle possédait d'abord, les forces en jeu, pendant le second groupe de mesures, seraient les mêmes que dans le premier, et le poids de l'aiguille agissant cette fois en sens contraire par rapport aux forces magnétiques, son effet se trouverait éliminé. En réalité, il n'y a aucun procédé rigoureux pour renverser le moment magnétique d'un barreau sans en altérer la grandeur, et le deuxième groupe de mesures n'a pas de relation connue avec le premier. On a renoncé aujourd'hui à ce procédé; on se borne à exiger du constructeur une suspension aussi bien équilibrée que possible.

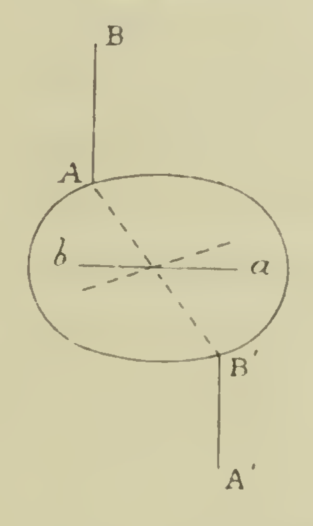
Dans les boussoles de précision, l'aiguille n'est pas dans le plan du limbe, elle est à quelques centimètres de distance. Le cercle porte une alidade à laquelle est fixée une petite lunette à l'aide de laquelle on vise la pointe de l'aiguille.

Laissant de côté la difficulté d'équilibrer le barreau, ces instruments offrent un grave inconvénient, surtout au point de vue des opérations en campagne : l'aiguille n'est pas soustraite aux agitations de l'air.

Le déclinomètre du capitaine Delporte n'a pas cet inconvénient, et nous allons voir comment on peut le transformer en inclinomètre.



Inclinomètre. Pour mesurer l'inclinaison à l'aide du théodolite magnétique, on se sert d'une méthode imaginée par Lloyd et fondée sur l'emploi d'un phénomène d'influence.



Considérons un barreau de fer doux AB placé verticalement dans un plan P, perpendiculaire au méridien magnétique, et de telle sorte que son pôle austral A soit dans le plan horizontal de l'aimant *ab*. Le barreau de fer doux s'aimante par l'influence de la terre et acquiert un moment magnétique proportionnel à la composante verticale z de l'action terrestre. L'action exercée par le pôle A sur l'aimant *ab* est elle-même proportionnelle à z, et la déviation δ qui en résulte est donnée par la formule

$$H \sin \delta = kz.$$

Pourvu que la distance du pôle A à l'aimant soit assez considérable, le coefficient k peut être considéré comme constant, quelle que soit la déviation ; d'autre part, en désignant par i l'inclinaison, on a

$$z = H \operatorname{tg} i.$$

d'où

$$\operatorname{tg} i = \frac{1}{k} \sin \delta.$$

Ce dispositif est réalisé dans le théodolite Lamont. Cet instrument peut recevoir un anneau de cuivre qui porte deux barreaux de fer doux, aussi

identiques que possible, placés à 180° l'un de l'autre et disposés l'un au-dessus, l'autre au-dessous du plan du cercle, de sorte que leurs effets s'ajoutent pour produire la déviation. On dispose l'anneau de telle sorte que la ligne qui les joint soit perpendiculaire au méridien magnétique. On mesure alors à l'aide du théodolite la déviation δ, et si l'on connaît le coefficient $\frac{1}{k}$, on en déduit i. Ce coefficient est mesuré d'avance par des mesures comparatives de l'inclinaison, faites dans un observatoire, à l'aide des instruments ordinaires et du théodolite magnétique.

Dans le théodolite Lamont, pour mettre les barreaux dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, il faut faire mouvoir à frottement l'anneau qui les porte.

Dans le théodolite Delporte (voir pl. III), les barreaux sont maintenus fixes sur le cercle extérieur, et l'on fait mouvoir le cercle intérieur qui porte l'aiguille. Pour cela, le cercle extérieur porte entre les supports des tourillons deux petits cylindres de cuivre de 51 millimètres de hauteur et de 0m,01 de diamètre. Dans ces cylindres peuvent s'engager, à frottement doux, deux barreaux de fer doux de 0m,15 de longueur, l'un étant tourné vers le bas, l'autre vers le haut. Ils sont arrêtés à hauteur de l'axe de l'aiguille par un arrêtoir, et celui qui est tourné vers le bas est maintenu au moyen d'une vis de serrage. La distance des barreaux au centre est de 7 centimètres.

Avant d'introduire les barreaux, on amène le déclinomètre dans le méridien magnétique et l'on fait la lecture à deux verniers disposés aux extrémités d'un diamètre; on place alors les barreaux. L'aiguille est déviée et l'on fait tourner le déclinomètre jusqu'à ce que la pointe de l'aiguille soit de nouveau au centre du réticule. On lit les verniers et l'on obtient ainsi l'angle de déviation δ.

Reprenons la formule

$$\operatorname{tg} i = \frac{1}{k} \sin \delta$$

et différentions $i = f(\delta)$; nous obtenons

$$\frac{di}{\cos^2 i} = \frac{1}{k} \cos \delta \, d\delta,$$

d'où

$$di = \frac{1}{k} \cos^2 i \cos \delta \, d\delta.$$

Mais $\quad \mathrm{H} \sin \delta = kz, \quad$ donc $\quad k = \frac{\mathrm{H} \sin \delta}{z}, \quad$ et alors

$$di = \frac{z}{\mathrm{H} \sin \delta} \cos^2 i \cos \delta \, d\delta = \frac{z}{\mathrm{H}} \frac{\cos^2 i}{\operatorname{tg} \delta} d\delta.$$

Mais $\quad z = \mathrm{H} \operatorname{tg} i, \quad$ donc $\quad \frac{z}{\mathrm{H}} = \operatorname{tg} i, \quad$ donc

$$di = \frac{\operatorname{tg} i \cos^2 i}{\operatorname{tg} \delta} d\delta = \frac{\sin i \cos i}{\operatorname{tg} \delta} d\delta.$$

Ainsi $\quad di = \frac{\sin i \cos i}{\operatorname{tg} \delta} d\delta.$

Par conséquent, pour que l'erreur $d\delta$ ait la moindre influence, il faut que la déviation δ soit maximum.

Si l'on veut que les erreurs di et $d\delta$ soient égales, il faut que l'on ait

$$\frac{\sin i \cos i}{\operatorname{tg} \delta} = 1$$

ou

$$\sin i \cos i = \operatorname{tg} \delta.$$

Supposons les éléments de Bruxelles, le 27 juin 1890,

$$i = 66^\circ.24'.$$

Les observations au théodolite magnétique nous ont donné

$$\delta = 10^\circ.42'.$$

Si nous faisons $i = 66^\circ 24'$ et $\delta = 10^\circ 42'$ dans la formule $di = \frac{\sin i \cos i}{\operatorname{tg} \delta} d\delta$, nous trouvons

$$di = 1{,}976 \, d\delta.$$

Ainsi, d'après ce calcul, pour que l'instrument donne l'inclinaison à une minute près, l'erreur commise sur δ ne doit pas dépasser une demi-minute.

Nous avons vu, lors de la discussion concernant les conditions de construction du déclinomètre, que l'erreur ne peut atteindre la minute. De plus,

nous allons voir que, pour trouver la valeur de δ, nous devons faire huit observations de l'aiguille. Il s'ensuit que le capitaine Delporte a été bien près de réaliser son desideratum : faire donner à son instrument l'inclinaison à une minute près.

Manière d'observer l'inclinaison. Viser un même jalon avec la lunette principale et avec la lunette du déclinomètre. Faire la lecture à deux verniers diamétralement opposés. Rendre les deux cercles solidaires; enlever la lunette principale; placer l'aiguille dans le déclinomètre. Amener le déclinomètre dans le méridien magnétique en faisant tourner les deux cercles maintenus solidaires autour de l'axe de l'instrument. Les cylindres qui doivent recevoir les barreaux de fer doux sont alors sur un diamètre perpendiculaire au méridien magnétique. Serrer la vis du cercle extérieur et introduire des barreaux de fer doux dans leurs logements. L'aiguille est alors déviée; faire mouvoir le cercle intérieur seul pour amener la pointe de l'aiguille au centre du réticule et faire la lecture. On obtient ainsi l'angle δ.

Toutefois, il faut tenir compte de la collimation du pivot et de la collimation de l'aiguille. Il faut donc faire le double retournement de l'aiguille, et l'on a ainsi quatre observations. Mais, comme il se peut que les barreaux contiennent du magnétisme rémanent, on les retourne, la même partie du barreau entrant dans le cylindre, mais le barreau qui était dirigé vers le bas l'est maintenant vers le haut et réciproquement. Dans cette position on fait de nouveau quatre observations. On a ainsi huit valeurs de δ dont on prend la moyenne.

Remarque. Les barreaux de fer doux sont numérotés, ce qui permet d'éviter toute erreur dans leur placement.

MAGNÉTOMÈTRE.

Le théodolite magnétique peut être monté en magnétomètre (voir pl. IV). Pour cela la lunette principale est d'abord enlevée, puis on ajoute sur l'instrument une lunette semblable à celle du déclinomètre, c'est-à-dire ayant aussi $0^{m},20$ de distance focale.

Cette lunette est portée sur deux embases qui viennent s'appliquer contre les embases du déclinomètre et sont maintenues au moyen de quatre goupilles. Elle est surmontée d'une colonne de cuivre de 10 centimètres de hauteur, portant un treuil auquel est suspendu un paquet de trois fils de cocon repliés sur eux-mêmes. Ce treuil est monté sur une bague qui peut, au moyen d'une vis à pignon, recevoir un mouvement autour de l'axe de la colonne, afin de permettre de corriger l'angle de torsion. Les fils de cocon supportent un étrier dans lequel s'engage un barreau aimanté prismatique, dont la section est un carré de 3 millimètres de côté. Ce barreau pèse 12 $^1/_2$ grammes, sans l'étrier. Il peut être remplacé par un barreau de même forme en cuivre, afin de pouvoir corriger la torsion du fil.

Pour les transports, on enlève le barreau et on rend fixe l'étrier au moyen d'une vis.

La lunette du magnétomètre est munie d'une portière latérale permettant d'enlever le barreau. Il y a un barreau de rechange. Ces deux barreaux sont, comme l'aiguille du déclinomètre, munis de pointes pour faciliter le pointé.

Cet instrument sert à déterminer la composante horizontale H de l'intensité magnétique, car on a la formule

$$T = \pi \sqrt{\frac{A}{MH}}.$$

On observe donc la durée d'une oscillation.

Si l'on fait cette observation en un point où l'on connaît H, on en déduira la constante $\pi \sqrt{\frac{A}{M}}$.

Dans les observatoires permanents, on observe directement le moment d'inertie A du barreau et son moment magnétique M. Le théodolite magnétique ne se prête pas à ces mesures directes, mais il permet de constater les variations de M.

Pour cela, on peut adapter à la lunette du magnétomètre un cylindre de 1 centimètre de diamètre, ouvert suivant les génératrices supérieures. Dans cette ouverture glisse un curseur portant un petit aimant. Le cylindre est gradué en millimètres à partir de l'axe de la lunette et le curseur donne les

dixièmes de millimètre. Seulement, comme la longueur des aimants n'est pas nulle par rapport à leur distance, on ne pourra pas obtenir $\frac{M}{H}$, mais plutôt une quantité proportionnelle. Mais remarquons que le but poursuivi n'est pas de déterminer M, mais de pouvoir constater s'il varie.

Remarque. Pour que les durées d'oscillation soient bien représentées par la formule

$$T = \pi\sqrt{\frac{A}{MH}},$$

il faut que le barreau oscille avec son axe magnétique exactement horizontal.

Pour cela, le barreau d'acier non encore aimanté et le barreau de cuivre sont équilibrés avec le plus grand soin. Le barreau d'acier ayant été aimanté, on place d'abord dans l'étrier le barreau de cuivre et on agit sur le treuil de façon à amener l'arête supérieure du barreau à hauteur du fil horizontal du réticule.

Remplaçant le barreau de cuivre par le barreau aimanté, ce dernier ne prend pas la position horizontale par suite de l'inclinaison, mais on l'amène à affleurer le centre du réticule en agissant sur un curseur qui permet d'établir l'équilibre.

En retournant l'aiguille face pour face, on change le signe de l'erreur résidue; en second lieu, si les observations ont été faites objectif sud, on fait les mêmes observations objectif nord, et la moyenne donne la valeur cherchée.

Manière d'observer l'intensité. Règle suivie en Afrique : Chacun des deux observateurs observait la durée d'une série de vingt-cinq oscillations; le barreau étant retourné face pour face, deux nouvelles séries de vingt-cinq oscillations étaient observées. Faisant alors tourner le cercle intérieur de façon à amener l'objectif dans une position diamétralement opposée à la première, on recommençait les observations précitées. La durée d'une oscillation était aussi obtenue au moyen de l'observation de la durée de huit séries de vingt-cinq oscillations.

CONSTANTES MAGNÉTIQUES.

L'*Annuaire du Bureau des longitudes* donne, pour le 1er janvier 1885, à Bruxelles :

Inclinaison :	66°34′;	variation annuelle :	— 6′,2.
Intensité :	0,1869;	id. :	0,000.

D'après le tableau donné par Jamin (tome IV), l'inclinaison a diminué à Paris en moyenne de 2′,4 par an, de 1860 à 1883, et la composante horizontale (C. G. S.) a augmenté en moyenne de 0,000 286 par an, de 1853 à 1871. Si nous adoptons la moyenne des variations données par ces deux autorités, nous trouvons pour Bruxelles :

Inclinaison, le 1er juillet 1890.	66°24′
Intensité, id.	0,1877 (*)

COEFFICIENTS DU THÉODOLITE MAGNÉTIQUE.

Inclinaison :

$$\operatorname{tg} i = c \sin \delta \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

Le 27 juin 1890, le théodolite magnétique nous donne, à Uccle, $\delta = 10°42'$.

En faisant $i = 66°24'$ et $\delta = 10°42'$ dans la formule (1), nous obtenons :

$$C = 12,5285. \qquad \log C = 1,09090.$$

Intensité :

$$H = \frac{T^2}{L} \quad \ldots \ldots \quad (2)$$

Le 27 juin 1890, nous observons, à Uccle, au magnétomètre, $T = 5^s,9462$.

En faisant, dans la formule (2), $T = 5,9462$ et $H = 0,1877$, nous obtenons :

$$L = 188,574, \qquad \log L = 2,27502.$$

(*) A cette époque, l'Observatoire royal s'installait sur le plateau d'Uccle; les observations magnétiques n'ont pu commencer qu'en 1891.

CHAPITRE III.

OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES.

Les observations d'altitude ont été faites au moyen du baromètre.

La mission était pourvue à cet effet d'un baromètre Fortin, d'un hypsomètre de Regnault, de deux anéroïdes que lui avait prêtés l'Institut cartographique militaire, et de deux thermomètres gradués sur verre que lui avait fournis l'Observatoire royal de Bruxelles.

L'hypsomètre était destiné à remplacer le baromètre dans le cas où un accident serait arrivé à ce dernier. Pour avoir un terme de comparaison, l'hypsomètre a été observé dans les stations importantes en même temps que le Fortin.

Les observations se faisaient à 7 heures du matin, chaque observateur faisant ses lectures à tour de rôle. L'altitude des points secondaires était observée à l'anéroïde, le coefficient de celui-ci étant obtenu par des comparaisons souvent réitérées au baromètre Fortin.

Pour de plus amples détails sur les observations barométriques et les tables employées, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage : *Astronomie et cartographie pratiques* du capitaine Delporte, pages 90 et suivantes.

OPÉRATIONS GÉODÉSIQUES.

Les observations astronomiques de Matadi ont été reportées à Ango-Ango et à Nokki par une triangulation faite avec un théodolite piémontais que nous avait prêté l'Institut cartographique militaire. Le problème à résoudre était le suivant : Détermination du méridien d'Ango-d'Ango et du parallèle de Nokki, lignes frontières que l'Acte de Berlin assignait à l'État indépendant du Congo.

Les documents concernant ce travail ont été remis au Gouverneur de l'État indépendant. La Commission nommée en 1890 pour la délimitation

des frontières entre les Possessions portugaises et l'État indépendant s'est munie de ces documents pour faire son travail.

La triangulation du Stanley-Pool et de l'île de Bamou a été exécutée au moyen du même instrument. Le canevas de ce travail a été remis au Commissaire de district de Léopoldville pour servir de base au levé topographique de cette région.

Pour ces opérations, une petite base était mesurée à la chaîne métrique; les angles étaient mesurés, lunette à droite et lunette à gauche, deux fois par chacun des observateurs. L'instrument donne les dix secondes sexagésimales par quatre verniers.

CHAPITRE IV.

CONSTRUCTION DE LA CARTE DE L'ÉTAT INDÉPENDANT DU CONGO.

Dans son ouvrage : *Astronomie et cartographie pratiques à l'usage des explorateurs de l'Afrique* (Bruxelles, Manceaux, 1889), le capitaine Delporte développe son projet de carte de l'État indépendant du Congo.

Après avoir montré comment il arrive à adopter le système de projection de Mercator, il prend l'équateur comme parallèle moyen, et pour méridien milieu de la carte celui dont la longitude est à 20° à l'est de Greenwich. Le centre de la carte étant ainsi déterminé, en faisant passer par ce point deux tangentes, l'une à l'équateur, l'autre au méridien, il obtient l'axe des X et l'axe des Y.

Connaissant la latitude φ *et la longitude* λ *d'un point, calculer les coordonnées* Y *et* X *de ce point sur la carte.*

L'équateur se développera sur sa tangente, c'est-à-dire sur l'axe des X; comme l'équateur est un cercle, les arcs sont proportionnels aux angles au

centre, c'est-à-dire que les longueurs des degrés sont toutes égales. Dès lors, la coordonnée rectiligne X est donnée par la formule

$$X = a\lambda \sin 1''$$

dans laquelle a, le rayon de l'équateur, est, d'après Bessel, égal à 6 377 397,15 mètres; λ est la longitude exprimée en secondes d'arc.

En se servant de cette formule, le capitaine Delporte a calculé la table I.

Pour calculer la coordonnée rectiligne Y, il faut tenir compte de ce que le méridien étant une ellipse, sa courbure varie d'un point à un autre. Y est donné par la formule

$$Y = a\int_0^{\varphi} \frac{R}{r}\, d\varphi, \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1)$$

a étant le rayon de l'équateur, R le rayon de courbure de la section méridienne au point dont la latitude est φ, r le rayon du parallèle (*).

Or,

$$r = N \cos \varphi,$$

N étant la grande normale;

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \sin \varphi)^{\frac{1}{2}}}, \quad \text{et} \quad R = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{\frac{3}{2}}}.$$

e est l'excentricité; d'après Bessel $e = 0{,}081\,696\,83$.

Remplaçant R et r par leurs valeurs dans la formule (1), nous obtenons :

$$Y = a(1 - e^2)\int_0^{\varphi} \frac{d\varphi}{\cos \varphi(1 - e^2 \sin^2 \varphi)} \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2)$$

Il faut chercher

$$\int \frac{d\varphi}{\cos \varphi(1 - e^2 \sin^2 \varphi)} = \int d\varphi \frac{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{-1}}{\cos \varphi}.$$

Nous avons

$$(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{-1} = 1 + e^2 \sin^2 \varphi + e^4 \sin^4 \varphi + e^6 \sin^6 \varphi + \cdots$$

(*) Schols, *Annales de l'École polytechnique de Delft*, 1re livraison. Leyde, 1884.

Nous voulons avoir Y en fonction de φ; nous substituons donc à $\sin\varphi$ et à $\cos\varphi$ leurs développements en φ et nous obtenons ainsi, en nous arrêtant au troisième terme,

$$\frac{(1-e^2\sin^2\varphi)^{-1}}{\cos\varphi} = 1 + \left(e^2+\frac{1}{2}\right)\varphi^2 + \left(\frac{1}{6}e^2 + e^4 + \frac{5}{24}\right)\varphi^4.$$

Dès lors

$$\int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\cos\varphi(1-e^2\sin^2\varphi)} = \int_0^{\varphi} d\varphi + \left(e^2+\frac{1}{2}\right)\int_0^{\varphi}\varphi^2 d\varphi + \left(\frac{1}{6}e^2 + e^4 + \frac{5}{24}\right)\int_0^{\varphi}\varphi^4 d\varphi,$$

ou

$$\int_0^{\varphi}\frac{d\varphi}{\cos\varphi(1-e^2\sin^2\varphi)} = \varphi + \frac{1}{3}\left(e^2+\frac{1}{2}\right)\varphi^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{1}{6}e^2 + e^4 + \frac{5}{24}\right)\varphi^5.$$

Par conséquent, la formule (2) devient :

$$Y = a(1-e^2)\left[\varphi + \frac{1}{3}\left(e^2+\frac{1}{2}\right)\varphi^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{1}{6}e^2 + e^4 + \frac{5}{24}\right)\varphi^5\right],$$

formule dans laquelle il faut remplacer φ par $\varphi\sin 1''$.

En effectuant les calculs, nous trouverons

$$Y = A_1\varphi + A_3\varphi^3 + A_5\varphi^5, \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad (3)$$

les coefficients A_1, A_3 et A_5 étant

$$A_1 = a(1-e^2)\sin 1'',$$

$$A_3 = \frac{1}{6}a(1+e^2-2e^4)\sin^3 1'',$$

$$A_5 = \frac{1}{120}a(5-e^2+20e^4-24e^6)\sin^5 1''$$

et φ étant la latitude exprimée en secondes.

En attribuant à a et à e les valeurs de Bessel, on trouve

$$\log A_1 = 1.487\,3100,$$

$$\log A_3 = 0.086\,0674 - 10,$$

$$\log A_5 = 8.851\,8033 - 30.$$

L'équation (3) a servi à calculer la table II, donnant les Y correspondant à des latitudes comprises entre 0° et 12°.

Problème inverse : *Calculer la latitude* φ, *étant donnée en mètres la distance* Y *à l'équateur.*

Soit

$$\varphi = f(\mathrm{Y}) = f(0) + \frac{\mathrm{Y}}{1}\left(\frac{d\varphi}{d\mathrm{Y}}\right)_0 + \frac{\mathrm{Y}^2}{2}\left(\frac{d^2\varphi}{d\mathrm{Y}^2}\right)_0 + \frac{\mathrm{Y}^3}{6}\left(\frac{d^3\varphi}{d\mathrm{Y}^3}\right)_0 + \cdots \quad (4)$$

On a, par la formule (2),

$$d\mathrm{Y} = a(1 - e^2)\frac{d\varphi}{\cos\varphi(1 - e^2\sin^2\varphi)},$$

d'où

$$\frac{d\varphi}{d\mathrm{Y}} = \frac{\cos\varphi(1 - e^2\sin^2\varphi)}{a(1 - e^2)}.$$

Pour Y = 0, $\varphi = 0$, donc $f(0) = 0$, on trouvera :

$$\left(\frac{d\varphi}{d\mathrm{Y}}\right)_0 = \frac{1}{a(1 - e^2)} = b_1,$$

$$\left(\frac{d^2\varphi}{d\mathrm{Y}^2}\right)_0 = 0,$$

$$\left(\frac{d^3\varphi}{d\mathrm{Y}^3}\right)_0 = -\frac{1 - 2e^2}{a^3(1 - e^2)^3} = b_3,$$

$$\left(\frac{d^4\varphi}{d\mathrm{Y}^4}\right)_0 = 0,$$

$$\left(\frac{d^5\varphi}{d\mathrm{Y}^5}\right)_0 = \frac{5 + 56e^2 + 16e^4}{a^5(1 - e^2)^5} = b_5.$$

Dans le premier membre, φ doit être remplacé par $\varphi \sin 1''$ ou, si l'on veut, le second membre doit être multiplié par $\frac{1}{\sin 1''}$. Si nous faisons

$$B_1 = b_1 \frac{1}{\sin 1''},$$

$$B_3 = \frac{1}{6} b_3 \frac{1}{\sin 1''},$$

$$B^5 = \frac{1}{120} b_5 \frac{1}{\sin 1''},$$

la formule (4) deviendra

$$\varphi = B_1 y - B_3 y^3 + B_5 y^5 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (5)$$

$$\log B_1 = 8.512\,6900 - 10,$$

$$\log B_3 = 4.136\,8275 - 20,$$

$$\log B_5 = 9.945\,9817 - 40.$$

Le capitaine Delporte s'est servi de la formule (5) pour calculer la table IV de son livre : *Astronomie et cartographie pratiques.*

Bruxelles, le 31 juillet 1892.

Le capitaine adjoint d'état-major,

L. GILLIS.

Stations.	Latitude.	Longitude Est Greenwich.	Déclinaison magnétique.	Inclinaison.	Intensi
Banana	- 6°.00'.21''	12°.27'.06''	16°.40'.20'' (le 30 juin 1891)	- 25°.12'	0,117
Boma	- 5.51.30	13.06.10	16.18.08 (le 20 juin 1891)	- 24.44	0,1138
Nokki	- 5.52.11	13.29.16	»	»	»
Ango-Ango	- 5.50.55	13.29.34	»	»	»
Matadi (*)	- 5.49.21	13.30.55	16.07.12 (le 14 août 1890)	- 26.29	0,1102
N' Séké	- 5.47.53	13.37.55	»	»	»
Bembizi	- 5.38.42	13.43.42	»	»	»
N' Dembole	- 5.29.16	13.48.06	»	»	»
Tombo Lakuti	- 5.24.05	13.52.41	»	»	»
N' Sékélolo.	- 5.18.17	13.59.24	»	»	»
Kwilu	- 5.14.37	14.03.03	»	»	»
N' Gumi	- 5.09.35	14.05.14	»	»	»
Lukungu.	- 5.01.22	14.16.37	15.31.46 (le 22 sept. 1890)	- 25.16	0,1123
M' Pioka.	- 4.58.48	14.27.48	»	»	»
Kinsinga	- 4.58.30	14.33.29	»	»	»
Kintombi.	- 4.36.37	15.02.42	»	»	»
M' Fumu M' Bé.	- 4.31.17	15.09.27	»	»	»
Selembao	- 4.24.58	15.13.03	»	»	»
Léopoldville	- 4.19.36	15.19.11	15.07.05 (le 3 nov. 1890)	- 24.20	0.1100
Brazzaville	- 4.17.02	15.20.20	»	»	»
Lisha	- 3.51.47	15.59.54	»	»	»
Point rive nord Congo.	- 3.36.07	16.07.03	»	»	»
M' Suata.	- 3.22.27	16.15.39	»	»	»
Berghe Sainte-Marie.	- 3.10.06	16.15.29	14.12.13 (le 3 déc. 1890)	- 22.28	0,1067
Ile des hippopotames	- 2.23.52	16.15.18	»	»	»
Lukolela.	- 1.05.24	17.11.26	12.55.33 (le 25 déc. 1890)	- 19.39	0,1022
Lulanga	+ 0.39.37	18.16.39	»	»	»
Nouvelle Anvers	+ 1.35.56	19.09.12	11.23.56 (le 11 janv. 1891)	- 14.14	0.0975
Mobeka	+ 1.53.49	19.49.30	»	»	»
Ukatoraka	+ 1.57.10	20.28.40	»	»	»
Umangi	+ 2.06.43	21.26.52	10.39.40 (le 1er fév. 1891)	- 13.44	0,0978
Jambinga	+ 2.07.08	22.39.45	10.26.35 (le 14 avril 1891)	- 13.55	0,0969
Bassoko	+ 1.13.47	23.39.21	10.10.25 (le 11 fév. 1891)	- 16.20	0,0977
Issangi.	+ 0.46.40	24.16.04	»	»	»
Falls	+ 0.30.18	25.10.42	10.04.15 (le 7 avril 1891)	- 17.06	0,1001

(*) La déclinaison magnétique a été observée une deuxième fois à Matadi, le 31 mai 1891. En comparant les deux valeurs obtenues nous trouv

Observations.
e point de station est au nord de l'allée de cocotiers, à mi-distance du bureau des postes et du tribunal de première instance. Un pilier en maçonnerie a été érigé en cet endroit.
tation à l'est du chemin de fer de Boma-rive à Boma-plateau et au nord de la factorerie hollandaise. Un pilier en maçonnerie en marque l'emplacement.
ampe du drapeau de la factorerie portugaise. Coordonnées obtenues par triangulation.
mbouchure de la rivière Ango-Ango. Coordonnées obtenues par triangulation.
tation un peu au sud de la route des caravanes, sur la crête qui sépare Matadi du ravin Léopold. Un pilier en maçonnerie en marque l'emplacement. Un deuxième pilier au sud du premier donne la direction du méridien.
tation à 200 mètres au nord de la rivière N' Séké et sur l'accotement de la route des caravanes.
tation à 100 mètres au nord de la rivière près du hangar de l'État.
ase de l'État.
ase de l'État.
ase de l'État.
tation sur la crête à 1 kilomètre au nord-est du passage de la rivière.
tation à 1 kilomètre à l'est de la rivière.
tation entre les bâtiments des Européens et le camp de la force publique. Un petit tertre en marque l'emplacement.
rès de la case de l'État à 100 mètres de la rive gauche de la rivière, au pied du mont M' Bidi.
ur la crête au delà de la rivière et du village de même nom.
ntre le village abandonné de Kintombi et la rivière du même nom, à 400 mètres de la rive gauche.
tation à 50 mètres au nord-est de la case de l'État.
ise de l'État.
e point de station est placé à l'est du chemin qui va de Léopoldville au mont Léopold. Un pilier en maçonnerie en marque l'emplacement. Un autre pilier au sud du premier donne la direction du méridien.
lât du pavillon. Coordonnées obtenues par triangulation.
oste de l'État sur la rive sud du fleuve. Le village est à 1 kilomètre à l'intérieur des terres. La cote de la rive est 305
tation sur une petite plaine herbue entre la rive droite du fleuve et un marigot. Cote de la rive 311.
'oste de l'État. Le village est contigu au poste. Cote de la rive 316.
tation à 200 mètres environ à l'est de la Mission belge.
tation dans une petite pleine marécageuse de l'ile. Cette ile boisée est à quelques kilomètres au sud de la pointe des deux palmiers.
'oint de station en avant et près de la maison principale de la Mission baptiste.
tation près de la factorerie française, entre la maison principale et la rivière.
e point de station est près du mât du pavillon de l'État. Un pilier en maçonnerie en marque l'emplacement.
'actorerie belge sur la rive droite et près de l'embouchure de la Mongala.
tation dans une petite clairière entre l'ancien et le nouvel emplacement du village, à 20 mètres de la rive gauche du fleuve.
tation derrière la factorerie belge.
'oste de l'État.
n pilier marque l'emplacement du point de station.
e point de station est en arrière du poste arabe, à 100 mètres du Congo et à 200 mètres du Lomami.
tation près du mât du pavillon de la station (rive droite) de l'État, à 10 mètres de la rive du fleuve.

annuelle : — 7'.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à Matadi.							
10 août 1891	D	E	α Couronne. .	32°55'.25"	36",1	- 32°.56'.01",1	- 32°.54'.16",1	+ 27°.05'.16",5	-5°.48'.59.6	N = + 1'.45" Cercle Est.
	G		α Serpent . .	12.36.55	12,5	- 12.37.07.5	- 12.36.22 5	+ 6.46.23,7	48.58.8	N = — 1'.45" Cercle Ouest.
	D		δ Scorpion. .	16.26.50	16,4	+ 16.27.06.4	+ 16.28.41,4	- 22.18.34.6	49.43,2	
	G		τ Id. . .	22.08.00	22,7	+ 22.08.22,7	+ 22.10.07,7	- 27.59.19,7	49.12,0	
	D	0	δ Hercule . .	30.45.10	33,2	- 30.45.43,2	- 30.48.28,2	+ 24.58.19,2	49.09.0	
	G		θ Ophiucus. .	19.05.30	19,3	+ 19.05.49,3	- 19.04.04,3	- 24.53.24,6	49.20,3	
								Cercle Est, z —, φ =	-5.48.59,2	
								z +	49.27,6	
								Ouest, z —	49.09,0	
								z +	49.20,3	
								Moyenne. . . . φ =	-5.49.14,0	
13 août.	D	E	α Serpent . .	12.37.10	12,5	- 12.37.22,5	- 12.35.37,5	+ 6.46.23,7	-5.49.13,8	
	G		φ Sagittaire .	21.15.10	21,7	+ 21.15.31,7	+ 21.17.16.7	- 27.06.11.6	48.54,9	
	D		σ Id. . .	20.34.10	20,9	+ 20.34.30,9	+ 20.36.15,9	- 26.25.58.2	49.42,3	
	G		λ Aigle . . .	0.48.20	0,8	- 0.48 20,8	- 0.46.35,8	- 5 02.43.0	49.18,8	
	D		*b* Id. . . .	17.33.30	17,6	- 17.33.47,6	- 17.32.02,6	+ 11 42.45,7	49.16,9	
	D	0	γ Aigle . . .	16.08.05	16,1	- 16 08.21,1	- 16.10.06,1	+ 10.20.53,6	49.12,5	
	G		α Id. . . .	14.22.00	14,3	- 14 22.14,3	- 14.23.59,3	+ 8.34.50.7	49.08,6	
	G		β Id. . . .	11.54.55	11,8	- 11.55 06,8	- 11.56.51,8	+ 6.08.05,1	48.46,7	
	G		θ Id. . . .	4.37.55	4,5	- 4 37 59,5	- 4.39.44,5	- 1.08.42 0	48.26,5	
	D		β² Capricorne.	9.19.40	9,1	+ 9 19 49,1	+ 9.18.04,1	- 15.07.33.9	49.29,8	
	D		ρ Id. .	12.22.50	12 2	+ 12.23.02,2	+ 12.21.17,2	- 18.10.28,7	49.11,5	
								Cercle Est, z —, φ =	-5.49.16,5	
								z +	49.18,6	
								Ouest, z —	48.53,6	
								z +	49.20,6	
								Moyenne. . . . φ =	-5.49.12,3	
17 août.	G	E	δ Scorpion. .	16.26.25	16 4	+ 16.26 41,4	+ 16.28.26.4	- 22.18.34 4	-5.50.08,0	
	D		β' Id. . .	13.39.05	13.6	+ 13.39.18,6	+ 13.41.03,6	- 19.30.18,3	49.14,7	
	G		δ Ophiucus. .	2.26.55	2 4	- 2.26.57,4	- 2.25.12,4	- 3.24.36,1	49.48,5	
	D	0	α Scorpion. .	20 23.10	20,7	+ 20.23.30,7	+ 20.21.45,7	- 26.11.20,9	49.35,2	
	G		β Hercule . .	27.30.50	29,0	- 27.31.19,0	- 27.33.04,0	+ 21.43.56,4	49.07,6	
	G		τ Scorpion. .	22.11.05	22,7	+ 22.11.27,7	+ 22.09.42,7	- 27.59.19,8	49.37,1	
								Cercle Est, z —, φ =	49.48,5	
								z +	49.41,3	
								Ouest, z —	49.07,6	
								z +	49.36,2	
								Moyenne. . . . φ =	-5.49.33,4	

…es.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…oût.	D	E	δ Scorpion. .	16°27′.15″	16″,4	+16°.27′.31″,4	+16°.29′.16″,4	-22°.18′.34″,4	-5° 49′.18″,0	
	G		β′ Id. . .	13.38.35	13,6	+13.38.48,6	+13.40.33,6	-19.30.18.3	49.44.7	
	D		δ Id. . .	2.26.35	2,4	- 2.26.37,4	- 2 24.52,4	- 3.24.26.1	49.28.3	
	G	O	α Scorpion. .	20.23.20	20,7	+20.23.40,7	+20.21.55,7	-26.11.20,9	49.25.2	
	D		τ Id. . .	22.11.20	22,7	+22.11.42.7	+22.09.57.7	-27.59.19.8	49.22.1	
	G		κ Ophiucus. .	15.20.25	15.3	-15.22.40,3	-15.22.25,3	+ 9.32.54.6	49.30.7	
							Cercle Est, z +, φ =		-5.49.31,3	
							z —		49.28.5	
							Ouest, z +		49.23.7	
							z —		49.30,7	
							Moyenne. . . . φ =		-5.49.28,5	
…oût.	D	E	σ Scorpion. .	19.27.55	19.7	+ 19.28.14.7	+ 19.29.59,7	-25.19.46.8	-5.49.47,1	
	G		α Id. . .	20.19.50	20,7	+20.20.10,7	+20.21.55.7	-26.11.20.8	49.25,1	
	D		τ Id. . .	22.07.55	22.7	+22.08.17.7	+22.09.02,7	-27.59.19.8	49.17,1	
	G		κ Ophiucus. .	15.23.15	15,3	-15.23.30,3	-15.21.45,3	+ 9.32.54,8	48.50,5	
	D	O	η Ophiucus. .	9.47.20	9,6	+ 9.47.29,6	+ 9.45.44.6	-15.35.17.4	49.32.8	
	G		α Hercule . .	20.18.30	20,7	-20.18.50 7	-20.20.35.7	+14.31.06,7	49.29,0	
							Cercle Est, z +, φ =		+5.49.28,8	
							z —		48.50,5	
							Ouest, z +		49.32,8	
							z —		49.29,0	
							Moyenne. . . . φ =		-5.49.20.3	
…ût	D	O	α Scorpion. .	20.22.45	20,7	+20.23.05,7	+20.21.20,7	-26.11.20.8	-5.50.00.1	
	D		λ Ophiucus. .	8.00.50	7,8	- 8.00.57.8	- 8.02.42.8	+ 2.13.35,2	49.07.6	
	D		κ Id. . .	15.20.25	15.3	-15.20.40.3	-15.22.25.3	+ 9.32.54.8	49.30.5	
	G		A′ Id. . .	20.37.45	21,0	+20.38.06,0	+20.36.21.0	-26.26.33.0	50.12,0	
	D	E	α Ophiucus. .	18.28.40	18,7	-18.28 58,7	-18.27.13,7	+12.38.34.7	48.39.0	
	G		β Id. . .	10.27.25	10.3	-10.27.35,3	-10.25.50,3	+ 4.36.56,5	48.53.8	
	G		μ Hercule . .	33.37.05	37.1	-33.37.42.1	-33.35.57,1	+27.47.19,3	48.37,8	
	D		ν Ophiucus. .	3.54.35	3,8	+ 3.54.38 8	+ 3.56.23 8	- 9.45.31,6	49.07 8	
	D		p′ Id. . .	8.21.55	8.2	- 8.22.03.2	- 8 20.18.2	+ 2.31.38,1	48.40.1	
	G		μ′ Sagittaire .	15.13.55	15,2	+15.14.10,2	+15.15.55.2	-21.05 13.5	49.18.3	
							Cercle Est, z +, φ =		-5.49.13.0	
							z —		48.42.7	
							Ouest, z +		50.06.0	
							z —		49.19.0	
							Moyenne. . . . φ =		-5.49.20,2	

Latitude φ = — 5°.49′.21″.4 par 6 valeurs. Erreur moyenne ± 3″,3.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Refraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à la N' Séké.							
6 sept	D	O	ν Ophiucus .	3°59'.10"	3",8	+ 3°.59'.13",8	+ 3°.57'.28",8	- 9°.45'.31",5	-5°.48'.02",7	
	D		p' Id. . .	8.16.50	8,2	- 8.16.58,2	- 8.18.43,2	+ 2.31.38,6	47.04,6	
	D		μ' Sagittaire .	15.19.00	15,2	+ 15.19.15,2	+ 15.17.30,2	- 21.05.13,7	47.43,5	
	G	E	δ Sagittaire. .	24.01.35	24,9	+ 24.01.59,9	+ 24.03.44,9	- 29.52.31,4	48.46,5	
	G		φ Id. . .	21.15.25	21,7	+ 21.15.46,7	+ 21.17.31,7	- 27.06.12,8	48.41.1	
	G		ζ Aigle . . .	19.31.30	19,8	- 19.31.49,8	- 19.30.04,8	+ 13.42.13,7	47.51,1	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.47.51,1	
								z —	48.43,8	
								Ouest, z +	47.04,6	
								z —	47.53,1	
								Latitude conclue. . φ =	- 5.47.53,1	
			Station à la Bembizi.							
8 sept.	G	E	α Ophiucus. .	18.18.00	18,5	- 18.18.18,5	- 18.16.33,5	+ 12.38.35,2	- 5.37.58 3	
	D		β Id. . .	10.17.15	10,1	- 10.17.25,1	- 10.15.40.1	+ 4.36.57.0	38.43,1	
	D		μ Hercule . .	33.26.40	36 8	- 33.27.16 8	- 33.25.31,8	+ 27.47.20.2	38.11,6	
	D		ν Ophiucus .	4.04.50	4.0	+ 4.04.54,0	+ 4.06.39,0	- 9.45.31 5	38.52,5	
	G		μ' Sagittaire .	15.24.25	15,4	+ 15.24.40,4	+ 15.26.25,4	- 21.05.13,7	38.48,3	
	G	G	δ Sagittaire. .	24.14.55	25,2	+ 24.15.20.2	+ 24.13.35,2	- 29.52.31,4	38.56.2	
	G		η Serpent . .	2.41.15	2,6	- 2.41.17,6	- 2.43.02 6	- 2.55.30,5	38.33,1	
	G		φ Sagittaire. .	21.28.30	22,0	+ 21.28.52,0	+ 21.27.07,0	- 27.06.12,7	39.05,7	
	D		σ Id. . .	20.48.20	21,2	+ 20.48.41.2	+ 20.46.56 2	- 26.25.59.3	39.03,1	
	D		ζ Aigle . . .	19.18.55	19,6	- 19.19.14.6	- 19.20.59,6	+ 13.42.13.7	38.45,9	
	G		δ Id. . . .	8.30.35	8,3	- 8.30.43,3	- 0.32.28,3	+ 2.53.55,0	38.33,3	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.38.50,4	
								z —	38.17,7	
								Ouest, z +	39.01,7	
								z —	38.37,4	
								Latitude conclue. . φ =	- 5.38.41,8	
			Station à N' Dembole (poste de l'État).							
10 sept.	D	E	θ Ophiucus. .	19.21.55	19,6	+ 19.22.14,6	+ 19.23.59,6	- 24.53.24,9	- 5.29.25,3	
	D		d Id. . .	24.14.35	25,2	+ 24.15.00,2	+ 24.16.45,2	- 29.46.07,6	29.22,4	
	G		α Id. . .	18.09.45	18,3	- 18.10.03,3	- 18.08.18,3	+ 12.38.35,2	29.43,1	
	G		β Id. . .	10.07.50	10,0	- 10.08.00,0	- 10.06.15,0	+ 4.36.57,0	29.18,0	
	G	O	ν Id . .	4.18.10	4 2	+ 4.18.14 2	+ 4.16.29 2	- 9.45.31,5	29.02,3	
	D		p' Id. . .	7.58.30	7,8	- 7.58.37 8	- 8.00.22,8	+ 2.31.38.6	28.44,2	
	D		μ' Sagittaire .	15.37.20	17,7	+ 15.37.37,7	+ 15.35.52,7	- 21.05.13,7	29.21,0	
	G		η Serpent . .	2.31.55	2,4	- 2.31.57,4	- 2.33.42,4	- 2.55.30,5	29.12,9	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.29.23,8	
								z —	29.30,5	
								Ouest, z +	29.11,6	
								z —	28.58,5	
								Latitude conclue. . φ =	- 5.29.16 1	

s.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à N' Tombo Lakuti (poste de l'État).							
it.	D	E	α Ophiucus. .	18.05'.40"	18",2	- 18°.05'.28",2	- 18°.03'.43",2	+ 12°.38'.35",2	- 5°.25'08",0	
	G		β Id. . .	10.03.05	9,9	- 10.03.14.9	- 10.01.29,9	+ 4.36.57,0	24.32.9	
	G		μ Hercule . .	33.12.45	36,5	- 33.13.21,5	- 33.11.36,5	+ 27.47.20.3	24.16,2	
	D		ν Ophiucus. .	4.19.05	4.2	+ 4.19.09.2	+ 4.20.54,2	- 9.45.31,5	24.37,3	
	D		p' Id. . .	7.58.00	7 8	- 7.58.07.8	- 7.56.22.8	+ 2.31.38.6	24.44.2	
	G		μ' Sagittaire .	15.38.50	15,6	+ 15.39.05,6	+ 15.40.50,6	- 21.05.13,8	24.23,2	
	D	O	η Serpent . .	2.26.05	2,3	- 2.26.07.3	- 2.27.52,3	- 2.55.30,5	23.22,8	
	D		φ Sagittaire. .	21.44.05	22,3	+ 21.44.27,3	+ 21.42.42,3	- 27.06.12.9	23.30,6	
	G		σ Id. . .	21.03.40	21,4	+ 21.04.01,4	+ 21.02.16,4	- 26.25.59,5	23.43.1	
	D		ζ Aigle. . .	19.03.55	19,3	- 19.04.14,3	- 19.05.59,3	+ 13.42.13,9	23.45,4	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.24.30,2	
								z —	24.40,3	
								Ouest, z +	23.36,8	
								z —	23.34,1	
								Latitude conclue . . φ =	- 5.24.05,3	
			Station à N' Sékélolo (poste de l'État).							
it.	D	E	α Ophiucus. .	17.58.20	18,1	- 17.58.38,1	- 17.56.53.1	+ 12.38.35.3	- 5.18.17,8	
	D		β Id. . .	9.56.40	9,7	- 9.56.49.7	- 9.55.0.47	+ 4.36.56,9	18.07.8	
	D		ν Id. . .	4.25.20	4.3	+ 4.25.24.3	+ 4.27.09,3	- 9.45.31,5	18.22,2	
			Nuages.							
								Cercle Est, z —, φ =	- 5.18.12,8	
								z +	18.22,2	
								Latitude conclue. . φ =	- 5.18.17,5	
			Station du Kwilu (à 1 kilomètre au nord du passage de la rivière).							
it.	G	E	σ Sagittaire. .	21.08.55	21.6	+ 21.09.16.6	+ 21.11.01,6	- 26.25.59.5	- 5.14.57,9	
	G		ξ Id. . .	24.44.35	25,7	+ 24.45.00,7	+ 24.46.45,7	- 30.02.15,0	15.29,3	
	D		ζ Aigle . . .	18.57.40	19.2	- 18.57.59.2	- 18.56.14,2	+ 13.42.14,0	14.00,2	
			Nuages.							
								Cercle Est, z — φ =	- 5.15.13,6	
								z +	14.00.2	
								Latitude conclue . . φ =	- 5.14.36,9	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station au Camp de N' Gumi (sur la route des caravanes à 1 kilomètre à l'est de la rivière).							
16 sept.	D	E	p' Ophiucus. .	7°.43'.40"	7",6	+ 7°.43'.47",6	- 7°.42'.02",6	+ 2°.31'.38",7	-5°.10'.23",9	
	D		μ' Sagittaire .	15.53.00	15,9	+ 15.53.15,9	+ 15.55.00,9	- 21.05.13,9	10.13,0	
	G		φ Id. . .	21.53.50	22,4	+ 21.54.12,4	+ 21.55.57,9	- 27.06.13,2	10.15,8	
	G		σ Id. . .	21.13.50	21,7	+ 21.14.11,7	+ 21.15.56,7	- 26.25.59,7	10.03,0	
	G		ζ Aigle. . . .	18.53.35	19,1	- 18.53.54,1	- 18.52.09,1	+ 13.42.14,2	9.54,9	
	D	O	ω Aigle . . .	16.31.45	16,5	- 16.32.01,5	- 16.33.46,5	+ 11.24.03,0	9.43,5	
	D		b Id. . . .	16.50.30	16,9	- 16.50.46,9	- 16.52.31,9	+ 11.42.48,9	9.43,0	
	G		h^2 Sagittaire .	20.00.40	20,3	+ 20.01.00,3	+ 19.59.15,3	- 25.07.30,9	8.15,9	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.10.15,6	
								z —	10.14,4	
								Ouest, z +	8.15,9	
								z —	9.43,2	
								Latitude conclue. . . φ =	- 5.09.34,8	
			Station à Lukungu (à 104 mètres à l'est du mât du drapeau).							
21 sept.	D	E	μ' Sagittaire .	16.01.20	16,0	+ 16.01.36,0	+ 16.03.21,0	- 21.05.13,9	- 5.01.52,0	
	D		η Serpent . .	2.07.05	2,0	- 2.07.07,0	- 2.05.22,0	- 2.55.30,5	00.52,5	
	G		φ Sagittaire. .	22.02.25	22,6	+ 22.02.47,6	+ 22.04.32,6	- 27.06.13,3	1.40,7	
	G		σ Id. . .	21.22.25	21,8	+ 21.22.46,8	+ 21.24.31,8	- 26.25.59,8	1.28,0	
	D		ζ Aigle. . . .	18.45.15	18,9	- 18.45.33,9	- 18.43.48,9	+ 13.42.14,3	1.34,6	
	D	O	γ Aigle . . .	15.20.15	15,3	- 15.20.30,3	- 15.22.15,3	+ 10.20.57,0	1.18,3	
	G		β Id. . . .	11.07.40	10,9	- 11.07.50,9	- 11.09.35,9	+ 6.08.07,9	1.28,0	
	G		c Sagittaire. .	23.00.45	23,7	+ 23.01.08,7	+ 52.59.23,7	- 28.00.52,9	1.29,2	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.01.40,5	
								z —	1.13,5	
								Ouest, z +	1.29,5	
								z —	1.33,1	
								Moyenne. . . . φ =	- 5.01.26,6	
22 sept.	D	E	μ' Sagittaire .	16.01.00	16,0	+ 16.01.16,0	+ 16.03.01,0	- 21.05.13,9	- 5.02.12,9	
	D		φ Id. . .	22.02.30	22,6	+ 22.02.52,6	+ 22.04.37,6	- 27.06.13,3	1.35,7	
	G		σ Id. . .	21.22.25	21,8	+ 21.22.46,8	+ 21.24.31,8	- 26.25.59,8	1.28,0	
	G		ζ Aigle . . .	18.44.55	18,9	- 18.45.13,9	- 18.43.28,9	+ 13.42.14,3	1.14,6	
	D	O	β Aigle . . .	11.07.05	10,9	- 11.07.25,9	- 11.09.10,9	+ 16.08.07,9	1.03,0	
	D		c Sagittaire. .	23.01.10	23,7	- 23.01.33,7	+ 22.59.48,7	- 28.00.52,9	1.04,2	
								Cercle Est, z +, φ =	- 5.01.45,5	
								z —	1.14,6	
								Ouest, z +	1.04,2	
								z —	1.03,0	
								Moyenne. . . . φ =	- 5.01.16,8	

Latitude conclue $\varphi = -5°.01'.21",7$ (par 2 valeurs).

ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à la M' Pioka (case de l'État).							
ept.	D	E	φ Sigittaire. .	22°05′20″	22″7	+22°05′.42.7	+22°07′.27″7	−27°06′.13″4	−4°58′.45″7	
	G		σ Id. . .	21.25.20	21.9	+21.25.41.9	+21.27.26.9	−26.26.00.0	58.33,1	
	D		ζ Aigle . . .	18.42.05	18.9	−18.42.23.9	−18.40.38.9	+13.42.14.5	58.24.4	
	G		ω Id. . . .	15.23.20	16,4	−16.23.36.4	−16.21.51,4	+11.24.03,3	57.48.1	
	G	O	δ Aigle . . .	7.51.05	7.7	−7.51.12.7	−7.52.57.7	+2.53.55.5	59.02.2	
	D		h^2 Sagittaire .	20.09.30	20,5	+20.09.50.5	+20.08.05,5	−25.07.31,4	59.25.9	
								Cercle Est, $z+$, $\varphi =$	−4.58.39.4	
								$z-$	58.06.2	
								Ouest, $z+$	59.25.9	
								$z-$	59.02,2	
								Latitude conclue. . . . $\varphi =$	−4.58.48,4	
			Station à Kinsinga (sur la route des caravanes, crête au Nord-Est de la rivière).							
ept.	D	E	φ Sagittaire. .	22.06.00	22,7	+22.06.22.7	+22.08.07.7	−27.06.13,4	−4.58.05,7	
	G		σ Id. . .	21.25.40	21,9	+21.26.01.9	+21.27.46.9	−26.26.00.0	58.13,1	
	D		ζ Aigle . . .	18.41.50	18,9	−18.42.08,9	−18.40.23.9	+13.42.14.5	58.09.4	
	G	O	β′ Cygne. . .	32.40.35	35.8	−32.41.10,8	−32.42.55,8	+27.44.01,0	58.54.8	
	G		h^2 Sagittaire .	20.10.00	20.5	+20.10.20.5	+20.08.35.5	−25.07.31.4	58.55,9	
	G		γ Aigle . . .	15.17.30	15,2	−15.17.45.2	−5.19.30.2	+10.10.57,2	58.33.0	
	D		c Sagittaire. .	23 03.15	23,8	+23.03.38,8	+23.01.53.8	−28.00.53,3	58.59,5	
								Cercle Est, $z+$, $\varphi =$	−4.58.09,4	
								$z-$	58.09,4	
								Ouest, $z+$	58.57.7	
								$z-$	58.43.9	
								Latitude conclue. . . . $\varphi =$	−4.58.30.1	
			Station à Kintombi (village abandonné, à 400 mètres de la rivière du même nom).							
t.	D	E	ζ Capricorne .	18.14.25	18,3	+18.14.43.3	+18.16.28.3	−22.53.08.3	−4.36.40,0	
			γ Id. .	12.30.35	12,4	+12.30.47 4	+12.32.32,4	−17.09.23.3	36.50 9	
			ε Pégase. . .	14.00.50	13,9	−14.01.03,8	−13.59.18,9	+9.22.31.5	36.47.4	
			α Verseau . .	3 46.50	3,8	−3.46.53.8	−3.45.08,8	−0.51.00,4	36.09.2	
								Cercle Est, $z+$, $\varphi =$	−4.36.45.4	
								$z-$	36.28,3	
								Latitude conclue. . . . $\varphi =$	−4.36.36,8	

DATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à M' Fumu M' Bé (à 50 mètres au nord-est de la case de l'État).							
10 oct.	D	E	δ Aigle . . .	7° 26′ 40″	7″,3	- 7°.26′.47″,3	- 7°.25′.02″,3	+ 2°.53′.55″,3	-4°.31′.07″,0	
			h^2 Sagittaire .	20.33.25	20.9	+ 20.33.45,9	+ 20.35.30.9	- 25.07.31,9	32.01.0	
		0	γ Aigle . . .	14.50.15	14,7	- 14.50.29,7	- 14.52.14.7	+ 10.20.57,3	31.17,4	
			α Id. . . .	13.04.00	13.0	- 13.04.13 0	- 13.04.58,0	+ 8.34.54,3	31.03,7	
			c Sagittaire. .	23.31.15	24,3	+ 23.31.39,3	+ 23.29.54.3	- 28.00.54.0	30.59,7	
			α^2 Capricorne.	8.23.55	8,2	+ 8.24.03,2	+ 8.22.18,2	- 12.53.00,9	30.42,7	
							Cercle Est, z —, φ =		- 4.31.07,0	
							z +		32.01,0	
							Ouest z +		30.51,2	
							z —		31.10,5	
							Latitude conclue. . φ =		- 4.31.17,4	
			Station à Sélembao (case de l'État).							
12 oct.	D	E	β′ Cygne . . .	32.09.25	35,1	- 32.10.00,1	- 32.08.15,1	+ 27 44.01,3	- 4.24.13,8	
			ϰ Aigle . . .	2.49.25	2,8	+ 2.49.27 8	+ 2.51.12,8	- 7.16.10,5	24.57,7	
		0	γ Aigle . . .	14.44.45	14,6	- 14.44.59,6	- 14.46.44,6	+ 10.20.57,3	25.47,3	
			α Id. . . .	12.58.25	12,9	- 12.58.37.9	- 13.00.22,9	+ 8.34.54 3	25.28,6	
			β Id. . . .	10.31.10	10,3	- 10.31.20.3	- 10.33.05 3	+ 6.08.08,1	24.57,2	
			c Sagittaire. .	23.36.55	24,5	+ 23.37.19,5	+ 23.35 34 5	- 28.00.54.6	25.20,1	
			α^2 Capricorne.	8.29.25	8,3	+ 8.29.33,3	+ 8.27.48,3	- 12.53.00,5	25.12,2	
							Cercle Est, z +, φ =		- 4 24.57,7	
							z —		24.13,8	
							Ouest z +		24.16,1	
							z —		25.24,4	
							Latitude conclue. . φ =		- 4.24.58,0	
			Station à Léopoldville.							
16 oct.	D	E	α Aigle . . .	12.55.40	12,8	- 12.55.52,8	- 12.54.07,8	+ 8.34.54,2	- 4.19.51,4	
			β Id. . . .	10.29.05	10,3	- 10.29 15 3	- 10.27.30,3	+ 6.08.08,0	19.17,4	
			α^2 Capricorne.	8 31.10	8,3	+ 8 31 18 3	+ 8.33 03,3	- 12.53.01,2	16 37,5	
			β^2 Id. .	10.45.55	10,6	+ 10.46.05,6	+ 10.47.50,6	- 15.07.35,6	15.45,5	
		0	ρ Capricorne .	13.51.55	13,7	+ 13 52.08,7	+ 13 50.23,7	- 18 10.31,2	20.07,5	
			α Dauphin . .	19.48.55	20,1	- 19.49.15,1	- 19.51.00,1	+ 15.31.44,6	19.15,5	
							Cercle Est, z +, φ =		- 4.19.51,4	
							z —		19.17,9	
							Ouest, z +		20.07,5	
							z —		19.15,5	
							Moyenne. . . φ =		- 4.19.38,1	

…s.	Observateur.	Cercle.	Étoiles	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…et.	D	E	α Aigle . . .	12°56′.05″	12.8	-12° 56′.17″,8	-12°.54′.32 8	+ 8°.34′.54″,2	-4° 19′.38″,6	
			ζ Id. . . .	10.29 15	10 3	- 10.29.25,3	- 10 27.40,3	+ 6.08.08.0	19.32,3	
			c Sagittaire .	23.39.40	24,5	+ 23.39.34.5	+ 23.41.19.5	- 26.00.54.4	19.34.9	
			α² Capricorne.	8.31.35	8,3	+ 8.31.43 3	+ 8.33.28,3	- 12.53.01 2	19.32.9	
		0	ρ Capricorne .	13.52.35	13.7	+ 13.52.48,7	+ 13.51 03,7	- 18.40.31.2	19.27.5	
			α Dauphin .	19.49.35	20.1	- 19.49.55.1	- 19.51.40,1	+ 15.31.44,6	19 55.5	
								Cercle Est. z +. φ —	- 4.19.33.9	
								z —	19.35,4	
								Ouest. z +	19.27.5	
								z —	19 55.5	
								Moyenne. . . φ =	- 4.19.38.1	
…et.	D	E	α Aigle . . .	12.56.30	12,8	- 12.56.42,8	- 12.54.57,8	+ 8.34.54,1	- 4.20 03,7	
			c Sagittaire .	23.38.50	24,5	+ 23.39.14 5	+ 23.40 59.5	- 28.00.54,5	19.55.0	
			α Dauphin . .	19.52.45	20.1	- 19.53.05,1	- 19.51.20.1	+ 15.31.44,5	19.35,6	
			ψ Capricorne	21.17.50	21,8	+ 21.18.11,8	+ 21.19.56.8	- 25 39.54,9	19.58,1	
		0	μ Verseau .	5.05 50	4,9	+ 5.05.54,9	+ 5.04.09.9	- 9.23.35.7	19.25.8	
			32 Petit Renard.	31.55.40	34.7	- 31.56.14.7	- 31.57.59,7	+ 27.38.41,9	19.17,8	
								Cercle Est, z +, φ =	- 4.19.56.5	
								z —	19.49,6	
								Ouest, z +	19.25,8	
								z —	19.17,8	
								Moyenne. . . φ =	- 4.19.37,4	
…et.	D	E	α Aigle . . .	12.56.25	12.8	- 12.56.37.8	- 12.54.52.8	+ 8.34.54.0	- 4.19.58,8	
			c Sagittaire. .	23.39.05	24,5	+ 23.39.29,5	+ 23.41.14.5	- 28.00.54.6	19.40.1	
			α Dauphin . .	19.52.05	20,1	- 19 52.25,1	- 19.50.40.1	+ 15.31.44 5	19.55.6	
		0	μ Verseau . .	5.06.00	4.9	+ 5.06.04.9	+ 5.04.19,9	- 9.23.35.8	19.15,9	
			32 Petit Renard.	31.55.45	34,7	- 31.56.19,7	- 31.58.04,7	+ 27.38.41.9	19.22,8	
								Cercle Est. z +, φ =	- 4 19.40,1	
								z -	19.27.2	
								Ouest, z +	19.15.9	
								z -	19.22.8	
								Moyenne . . . φ =	- 4.19.26.5	
…et.	D	0	32 Petit Renard.	31.56.25	34.7	- 31.56.59,7	- 31.58.44,7	+ 27.38.41.8	- 4.20.02.9	
			ζ Cygne .	34.04.15	37.7	- 34.04.52.7	- 34.06 37.7	+ 29.46.53.6	19.44.1	
			ζ Capricorne .	18.35.15	18.8	+ 18.35.33,8	+ 18.33.48 8	- 22 53.09 4	19.20.6	
			δ Id.	12.19.45	12.2	+ 12.19.57.2	+ 12.18.12.2	- 16.37.25,7	19.15.5	
			Nuages.							
								Cercle Ouest. z + φ =	- 4.19.17.0	
								z —	19.53,5	
								Moyenne . . . . φ =	- 4.19.35,3	

DATES.	Observateur.	Cercle	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
23 oct.	D	0	δ Capricorne .	12°18′.20″	12″,2	+12°.18′.32″,2	+12°.16′.47″,2	-16°.37′.25″,8	-4°.20′.38,6	
	G		16 Pégase . .	29.42.40	31,8	-29.43.11,8	-29.44.56.8	+25.24.48,1	20.08,7	
	D		*i* Verseau . .	10.05.25	9,9	+10.05.34.9	+10.03.49,9	-14.24.01.5	20.11,6	
	G		γ Id. . .	2 21.40	2,3	- 2.21 42.3	- 2.23.27,3	- 1.56.15,3	19.42.6	
	D		δ Id. . .	12.05.55	11,9	+12.06.06,9	+12.04.21,9	-16.24.08,4	19.46,5	
	G	E	β Pégase. . .	31 49.35	34,6	-31.50.09,6	-31.48 24,6	+27.29.32,0	18 52,6	
	D		c^2 Verseau . .	17.24 10	17,5	+17.24.27,5	+17.26.12,5	-21.45.59,1	19.46,6	
								Cercle Est, z +, φ =	-4.19.46,6	
								z —	18.52,6	
								Ouest, z +	20.12,2	
								z —	19.55,7	
								Moyenne. . . . φ =	-4.19.43,0	
24 oct	D	E	λ Verseau . .	3.48.05	3,7	+ 3.48.08,7	+ 3.49.53,7	- 8.09.40,1	-4.19.46,4	
	D		α Poissons. .	15.50.30	27,0	+25.50.57 0	+25.52.42,0	-30.12.12,8	19.30,8	
	G		β Pégase. . .	31.50.10	34.6	-31 50.44,6	-31.48.59.6	+27 29.32,1	19.27,5	
	D		c^2 Verseau . .	17.23.50	17.5	+17.24.07,5	+17.25 52,5	-21.45.59.2	20.06,7	
	G		ν Pégase. . .	27.08.50	28,6	-27.09.18,6	-27.07.33,6	+22.48.15,2	19.18,4	
	G		30 Poissons .	2.15.20	2,2	+ 2.15.22,2	+ 2.17.07.2	- 6.37.16,8	20.09,6	
	G	0	12 Baleine . .	0.15.30	0.2	+ 0.15.30.2	+ 0.13.45,2	- 4.33.38,3	19.53,1	
	D		δ Poissons . .	11.16.45	11,1	-11.16.56,1	-11.18.41,1	+ 6.59.28,1	19.13,0	
								Cercle Est, z +, φ =	-4.19.53,4	
								z —	29.22,9	
								Ouest, z +	19.53,1	
								z —	19.13,0	
								Moyenne. . . . φ =	-4.19.35,6	
Latitude conclue φ = — 4°.19′.36″,3 par 7 valeurs. Erreur moyenne ± 1″,8.										
Station sur la rive droite du Congo. (Entre Lisha et M' Suata.)										
30 nov.	D	E	ω Poissons. .	9.53.30	9,7	- 9.53.39,7	- 9.51.54,7	+ 6.15.31,8	-3.36.22.9	
	D		α Andromède.	32.06.15	35,0	-32.06.50,0	-32.05.05,0	+28.29.22,1	35.42,9	
	D		γ Pégase. . .	18.12.50	18,3	-18.13.08,3	-18.11.23,3	+14.34.38.1	36.45,2	
	D		16 Baleine . .	14.56.05	14,8	+14.56.19,8	+14.58.04,8	-18.35.17,2	37.12,4	
	G	0	ε Poissons . .	10.51.30	10,7	-10.51.40.7	-10.53.25,7	+ 7.18.08,1	35.17,6	
	G		η Baleine . .	7.11.40	7,0	+ 7.11.47,0	+ 7.10.02,0	-10.45.44,8	35.42,8	
								Cercle Est, z +, φ =	-3.37.12,4	
								z —	36.17,0	
								Ouest, z +	35.42,8	
								z —	35.17,6	
								Latitude conclue . . . φ =	-3.36 07,4	

Station à Mt Suata (poste de l'État).

…TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…déc.	D	E	16 Baleine . .	15°10'.25"	15".1	+15°.10'.40".1	+15°.12'.25".1	-18°.35'.17.2	-3°.22'.52".1	
	D		ε Poissons .	10.43.40	10.5	- 10.43.50.5	- 10.42.05,5	+ 7.18.08.1	23.57.1	
	G	0	η Poissons. .	18.06.35	18.2	- 18.06.53.2	- 18.08.38.2	+ 14.47.01,2	21.37,0	
	G		ε Sculpteur. .	22.16.00	22.9	+ 22.16.22.9	+ 22.14.37.9	- 25.36.01.0	21.23.1	
								Latitude conclue. . . φ =	- 3.22.27,4	

Station à Berghe-Sainte-Marie.

…TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…déc.	D	E	α Poissons. .	27.00.00	28.4	+ 27.00.28.4	+ 27.02.13.4	- 30.12.17,3	- 3.10.03,9	
	D		β Pégase. . .	30.40.40	33.1	- 30.41.13.1	- 30.39.28.1	+ 27.29.33.3	9.54.8	
	D		c^2 Verseau . .	18.33.35	18,7	+ 18.33.53,7	+ 18.35.38.7	- 21.46.03,3	10.24.6	
	D	0	γ Poissons. .	5.49.25	5,7	- 5.49.32.7	- 5.51.17,7	+ 2.41.06.6	10.11.1	
	D		ν Pégase . .	25.56.05	27.1	- 25.56.32.1	- 25.58.17,1	+ 22.48.16.2	10.00.9	
	G		δ Sculpteur. .	25.35.20	26,7	+ 25.35.46.7	+ 25.34.01.7	- 28.44.15.6	10.13,9	
	G		30 Poissons .	3.28.55	3,4	+ 3.28.58,4	+ 3.27.13.4	- 6.37.19,8	10.06,4	
								Cercle Est. z +. φ =	- 3.10.14.2	
								z —	9.54.8	
								Ouest, z +	10.10.1	
								z —	10.06.0	
								Latitude conclue. . . φ =	- 3.10.06.3	

Station à Lisha (poste de l'État).

…TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…éc.	D	E	ν Pégase. . .	26.40.35	28,0	- 26.41.03,0	- 26.39.18,0	+ 22.48.16,2	- 3.51.01.8	
	D		*i* Poissons. .	8.55.50	8.8	- 8.55.58.8	- 8.54.13.8	+ 5.02.03.4	52.10.4	
	G		δ Sculpteur. .	24.49.10	25.8	+ 24.49.35.8	+ 24.51.20.8	- 28.44.15.7	52.54.9	
	G		2 Baleine . .	14.02.30	13.9	+ 14.02.43,9	+ 14.04.28.9	- 17.56.45.4	52.46.5	
	D	0	γ Pégase. . .	18.24.00	18.5	- 18.24.18.5	- 18.26.03.5	+ 14.34.38,0	51.25,5	
	D		16 Baleine. .	14.45.00	14.6	+ 14.45.14.6	+ 14.43.29 6	- 18.35.17.7	51.48.1	
	G		δ Poissons. .	10.48.30	10.6	- 10.48.40.6	- 10.50.25,6	+ 6.59.27.2	50.58,4	
	G		α Sculpteur .	26.04.40	27,3	+ 26.07.07.3	+ 26.05.22.3	- 29.57.02,8	51.40.5	
								Cercle Est, z +, φ =	- 3.52.35.7	
								z —	51.36,1	
								Ouest, z +	51.44,3	
								z —	51.41.9	
								Latitude conclue. . . φ =	- 3.51.47.0	

Station sur l'île des Hippopotames.

…TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…déc.	D	E	16 Baleine . .	16.09.35	16,1	+ 16.09.51.1	+ 16.11.36 1	- 18.35.19,0	- 2.23.42.9	
	D		δ Poissons . .	9.25.00	9,2	- 9.25.09,2	- 9.23.24,2	+ 6.59.26,4	23.57.8	
	G	0	α Sculpteur .	27.34.10	29.1	+ 27.34.39.1	+ 27.32.54.1	- 29.57.04.4	24.10,3	
	G		ε Poissons . .	9.39.50	9.5	- 9.39.59.5	- 9.41.44.5	+ 7.18.07,1	23.37,4	
								Latitude conclue. . . φ =	- 2.23.52.1	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
			Station à Lukolela (mission Baptiste américaine).							
25 déc.	D	E	16 Baleine . .	17°28′.20″	17″,5	+ 17° 28′.35″,7	+ 17° 30′.20″,5	− 18°.35′.19 4	−1°.04′.56,9	
	D		δ Poissons . .	8.05.50	7,9	− 8.05.57,9	− 8.04.12 9	+ 6.59.26,1	4.46,8	
	D		ε Id. .	8.24.35	8,2	− 8.24.43,2	− 8.22.58,2	+ 7.18.06,9	4.51.3	
	G		η Baleine . .	9.38.10	9,5	+ 7.38.19,5	+ 9.40.04.5	− 10.45.47,1	5.42,6	
	G		θ' Id. . .	7.37.30	7,5	+ 7.37.37,5	+ 7.39.22,5	− 8.44.54.4	5.31,9	
	D	0	η Poissons. .	15.50.40	15,8	− 15.50.55,8	− 15.52.40,8	+ 14.47.00.6	5.40,2	
	D		ε Sculpteur .	24.31.40	25.5	+ 24.32.05,5	+ 24.30.20,5	− 26.36.04,4	5.43.9	
								Cercle Est, z —, φ =	−10.5.23,8	
								z +	4.49,0	
								Ouest, z —	5.43.9	
								z +	5.40,2	
								Latitude conclue. . . φ =	−1.05.24,2	
			Station à Lulanga (factorerie Daumas).							
29 déc.	D	0	θ' Baleine . .	9.26.25	9,3	+ 9.26.34,3	+ 9.24.49,3	− 8.44.54.7	+ 0.39.54.6	
	D		ν Poissons . .	4.15.35	4,2	− 4.15.39,2	− 4.17.24 2	+ 3.56.04,5	38.40,3	
	G	E	β Bélier . . . Nuages.	19.38.00	19,9	− 19.38.19,9	− 19.36.34,9	+ 20.16.31,1	39.56,2	
								Cercle Ouest, φ =	+ 0.39.17,4	
								Est, φ	39.56,2	
								Latitude conclue. . . φ =	+ 0.39.36,8	
			Station à Nouvelle Anvers.							
4 janvier 1891	D	E	16 Baleine . .	20.09.05	20 5	+ 20.09.25 5	+ 20.11.10,5	− 18.35.20,0	+ 1.35.50,5	
	D		η Id. . .	12.20.10	12,2	+ 12.20.22.2	+ 12.22.07,2	− 10.45.47,7	36.19,5	
	D		η Poissons. .	13.12.35	13,1	− 13.12.48,1	− 13.11.03.1	+ 14.47.00 2	35.57,1	
	D		ν Poissons . .	3.22.10	3,3	− 3.22.13,3	− 3.20.28,3	+ 4.56.04,2	35 35,9	
	G	0	ζ Baleine . .	12.29.30	12,4	+ 12.29.42,4	+ 12.27.57.4	− 10.52.34,6	35.22,8	
	G		α Bélier . . .	21.18.45	21,8	− 21.19.06,8	− 21.20.51,8	+ 22.56.50,2	35.58,4	
								Cercle Est, z +, φ =	+ 1.36.05,0	
								z —	35.46,1	
								Ouest, z +	35.22,8	
								z —	35.58,4	
								Moyenne. . . . φ =	+ 1.35.48,2	
5 janv.	D	E.	η Poissons .	13.12.50	13 1	− 13.13.03.1	− 13.10.18,1	+ 14.47.00.2	+ 1.36.42.1	N = + 2′.45″ Cercle Est.
	D		ζ Baleine . .	12.25.45	12,4	+ 12.25.57,4	+ 12.28.42,4	− 10.52 34.8	36.07,6	
	G	0.	υ Baleine . .	23.14.45	23,9	+ 23.15.08.9	+ 23.12.23,9	− 21 36.36,7	35.47.2	
	G		α Bélier . . .	21.16.40	21,8	− 21.17.01,8	− 21.19.46,8	+ 22.56.50,2	37.03,4	
								Moyenne. . . . φ =	+ 1.36.25,1	

TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
anv.	D	E	θ' Baleine .	10°20'.55"	10,2	+10°.21'.05",2	+10°.20'.37,2	− 8°.44'.55",2	+1°.35'.42",0	N = − 28" cercle E
	D		η Poissons	13.10.30	13,1	− 13.10.43,1	− 13.11.11,1	+ 14.47.00,1	35.49,0	
	G	O	o Poissons.	7.01.15	6,9	− 7.01.21,9	− 7.00.53,9	+ 8.36.27,5	35.33,6	
	G		ζ Baleine .	12.27.10	12,4	+ 12.27.22,4	+ 12.27.50,4	− 10.52.34,8	35.15,6	
							Moyenne. . . . φ =		+ 1.35.35,0	
anv.	D	E	o Poissons. .	7.00.20	6,9	− 7.00.26,9	− 7.00.54,9	+ 8.36.27,5	+ 1.35.32,6	
	G		ζ Baleine .	12.28.50	12,4	+ 12.29.02,4	+ 12.28.34,4	− 10.52.34,9	35.59,5	
	D		β Bélier . . .	18.39.40	18,8	− 18.39.58,8	− 18.40.26,8	+ 20.16.30,8	36.04,0	
	D	O	υ Baleine . .	23.11.05	23,9	+ 23.11.28,9	+ 23.11.56,9	− 21.36.36,9	35.20,0	
	G		α Bélier . . .	21.20.40	21,8	− 21.21.01,8	− 21.20.33,8	+ 22.56.50,1	36.16,3	
							Cercle Est, z −, φ =		+ 1.35.48,3	
							z +		35.59,5	
							Ouest, z +		35.20,0	
									36.16,3	
							Moyenne . . . φ =		+ 1.35.51,0	
anv.	D	E	ζ Baleine . .	12.29.05	12,4	+ 12.29.17,4	+ 12.28.49,4	− 10.52.35,0	+ 1.36.14,4	
	G		β Bélier . . .	18.39.20	18,8	− 18.39.38,8	− 18.41.06,6	+ 20.16.30,8	36.24,0	
	D	O	υ Baleine . .	23.11.05	23,9	+ 23.11.28,9	+ 23.11.56,9	− 21.36.36,9	35.20,0	
	G		α Beilier. . .	21.20.30	21,8	− 21.20.51,8	− 21.20.23,8	+ 22.56.50,1	36.26,3	
							Moyenne. . . . φ =		+ 1.36.06,2	
anv.	D	E	η Poissons. .	13.10.30	13,1	+ 13.10.43,1	+ 13.10.15,1	+ 14.46.59,9	+ 1.35.48,8	
	G		ζ Baleine . .	12.28.35	12,4	+ 12.28.47,4	+ 12.28.19,4	− 10.52.35,1	35.44,3	
	D	O	θ Bélier . . .	18.40.00	18,8	− 18.40.18,8	− 18.39.50,8	+ 20.16.30,7	36.39,9	
	G		υ Baleine . .	23.12.00	23,9	+ 23.12.23,9	+ 23.12.51,9	− 21.36.37,0	36.14,9	
							Moyenne. . . . φ =		+ 1.36.07,0	
anv.	D	E	ζ Baleine . .	12.28.55	12,4	+ 12.27.09,4	+ 12.26.41,4	− 10.52.35,2	+ 1.36.04,2	
	D		α Bélier . . .	21.20.25	21,8	− 21.20.46,8	− 21.21.14,8	+ 22.56.49,9	35.35,1	
	G	O	67 Baleine. .	8.29.55	8,3	+ 8.30.03,3	+ 8.30.31,3	− 6.55.37,8	34.53,5	
	G		ξ^2 Id. . .	6.22.25	6,2	− 6.22.31,2	− 6.22.03,2	+ 7.58.13,0	36.09,8	
							Moyenne. . . . φ =		+ 1.35.40,6	

Latitude conclue $\varphi = + 1.35.56,2$ par 7 valeurs. Erreur moyenne $\pm$ 6",6.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
Station à Mobeka (factorerie belge à l'embouchure de la Mongala).										
20 janv.	D	E	γ' Éridan . .	15°42'.45"	15",6	+15°.43'.00",6	+15°.42'.32",6	-13°.49'.17",9	+1°.53'.14",7	
	D		ε Taureau . .	17.01.10	17,0	-17.01.27,0	-17.01.55,0	+18.56.19,1	54.24,1	
			Nuages.							
								Latitude conclue. . . φ =	+1.53.49,4	
Station à Ukatoraka (dans une clairière entre l'ancien et le nouvel emplacement du village).										
30 janv.	D	E	α Baleine . .	1.42.00	1,6	- 1.42.01.6	- 1.42.29 6	+ 3.39.36,8	+1.57.07,2	
	D		δ Bélier . .	17.21.15	77,4	-17.21.32,4	-17.22.00,4	+19.18.51,5	56.51,1	
	D		ε Éridan. . .	11.47.15	11,6	+11.47.26,6	+11.46.58,6	- 9.49.50,0	57.08,6	
	G	O	η Taureau . .	21.48.55	22,4	-21.49.17,4	-21.48.49,4	+23.46.05,7	57.16,3	
	G		γ' Éridan. . .	15.45.50	15,7	+15.46.05,7	+15.46.33,7	-13.49.18,0	57.15,7	
								Cercle Est, z +, φ =	+1.57.08,6	
								z —	56.59,1	
								Ouest, z +	57.15,7	
								z —	57.16,3	
								Latitude conclue. . . φ =	+1.57.09,9	
Station à Umangi (factorerie belge en aval d'Upoto).										
1er fév.	D	E	ξ Taureau . .	7.14.05	7,0	- 7.14.12,0	- 7.14.40.0	+ 9.21.05,5	+2 06.25,5	
	G		ε Éridan. . .	11.56.20	11.8	+11.56.31.8	+11.56.03.8	- 9.49.50.1	6.13.7	
	D		η Taureau . .	21.38.35	22·2	-21.38.57,2	-21 39.25,2	+23.46.05.7	6.40.5	
	G	O	γ' Éridan. . .	15.55.15	15,9	+15.55.30,9	+15.55.58,9	-13.49.18,1	6.40,8	
	G		γ Taureau . .	13.14.40	13,1	-13.14.53,1	+13.14.25,1	+15.21.50,4	7.25,3	
								Cercle Est, z +, φ =	+2.06.13,7	
								z —	6.33,0	
								Ouest, z +	6.40,8	
								z —	7.25,3	
								Latitude conclue. . . φ =	+2.06 43,2	
Station à Bassoko (embouchure de l'Arruwimi).										
9 fév.	D	E	c² Éridan. . .	9.03.20	8.8	+ 9.03.28 8	+ 9.03.00,8	- 7.49.30,4	+1.13.30,4	
	D		γ Taureau . .	14.06.30	14,0	-14.06.44,0	-14.07.12,0	+15.21.50,2	14 38,2	
	G	O	ε Taureau . .	17.42.35	17,7	-17.42.52,7	-17.42.24,7	+18.56.19,0	13.54,3	
	G		53 Éridan . .	15 43.55	15,6	+15.44.10,6	+15.44.38,6	-14.31.13,2	13.25,4	
								Moyenne. . . φ =	+1.13.52,1	

…ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
…év.	D	E	δ Éridan. . .	11°22′ 00″	11″2	+ 11°.22′.11″2	+ 11°.21′.43.2	− 10°.08′ 06″	+ 1° 13′.36.3	
			η Taureau . .	22.31.05	23 2	− 22.31.28.2	− 22.31.56.2	+ 23.46.05.5	14.09.3	
		0	γ^1 Éridan. .	15.02.55	14.9	+ 15.03.09.9	+ 15.03.37.9	− 13.49.18 6	14.19.3	
			e^2 Id. . .	9.03.00	8 8	+ 9.03.08.8	+ 9.03.36 8	− 7.49.30 4	14.06 4	
			γ Taureau . .	14.08.40	14.0	− 14.08.24 0	− 14.07.56.0	+ 15.21.50.2	13.54 2	
			ε Id. . .	17.43.10	17,7	− 17.43.27,7	− 17.42.59,7	+ 18.56.19.0	13.19.3	
								Cercle Est, z +. φ =	+ 1.13.36.3	
								z —	14.09.3	
								Ouest, z +	14.12.8	
								z —	13.36.8	
								Moyenne . . . φ =	+ 1.13.53.8	
…év.	D	E	γ^1 Éridan . .	15.02 55	14.9	+ 15.03.09.9	+ 15.02.41.9	− 13.49.18.7	+ 1.13.23 2	
	D		e^2 Id. . .	9.03.05	8.8	+ 9.03.13,8	+ 9.02.45,8	− 7.49.30 5	13.15.3	
	D		γ Taureau . .	14.07.00	14.0	− 14.07.14.0	− 14 07 42.0	+ 15.21.50,1	14.08.1	
	G	0	ε Taureau . .	17.43.00	17.7	− 17.43.17.7	− 17.42.49.7	+ 18 56 19 0	13.29 3	
	G		53 Éridan .	15.43.50	15.6	+ 15.44.05 6	+ 15.44.33.6	− 14.31.13 3	13.20.6	
	G		π Orion . . .	5.32.25	5.4	− 5.32 30 4	− 5.32.02 4	+ 6.46.11.1	14.08.7	
			ε Lièvre . . .	23.44.25	24,5	+ 23.44.49.5	+ 23.45.17.5	− 22.31.14.2	14.03 3	
								Cercle Est, z +. φ =	+ 1.13.19.2	
								z —	14.08.0	
								Ouest, z +	13.41.9	
								z −	13.49.0	
								Moyenne . . . φ =	+ 1.13.44,5	
…v.	D	E	ε Taureau . .	17.41.50	17.7	− 17.42.07.7	− 17.42.35.7	+ 18.56.18.9	+ 1.13.43.2	
	D		53 Éridan . .	15.44.50	15,6	+ 15.45.05.6	+ 15.44.37 6	− 14.31.13 8	13.23.8	
	G		π^1 Orion. . .	5.30.55	5.4	− 5.31.00 4	− 5.31.28.4	+ 6.46.10 9	14.42.5	
	D		ε Lièvre . . .	23.44.55	24.5	+ 23.45.19.5	+ 23.44.51.5	− 22.31.14,8	13.36.7	
	G	G	β Orion . . .	9.32.20	9.3	+ 9.32.29.3	+ 9.33.57.3	− 8.19.48.4	13.08.9	
	G		γ Id. . . .	5.01.50	4.9	− 5.01.54.9	− 5.01.26.9	+ 6.14.59.2	13.32.3	
	D		δ Id. . . .	1.35.40	1.6	+ 1.35.41 6	+ 1.36.09,6	− 0.22.54,7	13.14.9	
								Cercle Est, z +. φ =	+ 1.13.30.3	
								z —	14.12.8	
								Ouest, z +	13.11.9	
								z —	13.32.3	
								Moyenne. . . φ =	+ 1.13.36.8	

Latitude conclue φ = + 1°.13′.46.8. Erreur moyenne : ± 4″.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
Station à Issangi (embouchure du Lomami).										
2 avril.	D	E	α Grand Chien.	17°20'.30"	17",4	+17° 20' 47",4	+17° 20' 19",4	-16° 34' 10",8	+0° 46' 08 6	
	G		ε Id. .	29.35.40	31.7	+29.36.11.7	+29.35.43.7	-28.49.40.1	46.03.6	
	D		ζ Gémeaux .	19.56.15	20,2	-19.56.35,2	-19.57.03,2	+20.43.49,9	46.46.7	
	D	O	δ Grand Chien.	26.59.05	28,4	+26.59.33.4	+27.00.01,4	-26.13.25,7	46.35,7	
	G		δ Gémeaux. .	21.23.55	21.9	-21.24.16.9	-21.23.48,9	+22.11.00,8	47.11.9	
								Cercle Est, z + φ =	+0.46.06.1	
								z −	46.46.7	
								Ouest, z +	46.35,7	
								z −	47.11.9	
								Latitude conclue . . φ =	+0.46.40,1	
Station aux Falls (près du mât de pavillon de la station de l'État, rive droite).										
7 avril.	D	E	β Petit Chien.	7.59.40	7,8	- 7.59.47,8	- 8.00.15.8	+ 8.30.30.0	+0.30.14.2	
	D		α Id.	4.59.05	4,9	- 4.59.09,9	- 4.59.37,9	+ 5.30.11,3	30.33.4	
	G		β Gémeaux.	27.45.45	29.3	-27.46.14,3	-27.46.42.3	+28.17.25,9	30.43,6	
	G		κ Navire. . .	25.05.35	26.1	+25.06.01.1	· 25.05.33,1	-24.35.22.7	30.10,4	
	D	O	6 Écrevisse. .	27.35.25	29,1	-27.35.54,1	-27.35.26 1	+28.06.03,2	30.37.1	
	G		ρ Navire . .	24.28.45	25,4	+24.29.10,4	+24.29.38,4	+23.59.35,6	30.02,8	
								Cercle Est, z +, φ =	+0.30.10,4	
								z −	30.30,4	
								Ouest, z −	30.37,1	
								z +	30.02,8	
								Moyenne . . . φ =	+0.30.20,2	
9 avril.	D	E	α Petit Chien.	4.59.00	4.9	- 4.59.04.9	- 4.59.32.9	+ 5.30.11 4	+0.30.38,5	
	D		β Gémeaux. .	27.45.55	29 3	-27 46.24,3	-27.46.52 3	+28.17.26,0	30.33,7	
	D	O	ρ Navire. .	24.28.45	25.4	+24.29.10,4	+24.29.38.4	-23.59.35.7	30.02.7	
	G		β Écrevisse	9.01.10	8,8	- 9.01.18.8	- 9.00.50 8	+ 9.31.15,1	30.24,3	
								Cercle Est, φ =	+0.30.36.1	
								Ouest,	30.13,5	
								Moyenne. . . φ =	+0.30.24,8	

ES.	Observateur.	Cercle.	Etoiles	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
ril.	D	E	β Petit Chien	7°59'.35"	7",8	- 7°.59'.42.8	- 8°00'.10.8	+ 8°30'.30.1	+0°30'.19.3	
			β Gemeaux.	27.45.55	29,3	-27.46.24,3	-27.46.52.3	-28.17.26.0	30.33,7	
			ζ Navire . . .	25.04.55	26,1	+25 05.21,1	+25.04.53.1	-24.35.22.7	29.30.4	
		0	θ Ecrevisse .	27.35.40	29.1	-27.36.09.1	-27.35.41.1	+28.06.03.3	30.22.2	
			ρ Navire . .	24.29.00	25,4	+24.29.25.4	+24.29.53.4	-23.59.35.7	30.17,7	

Cercle Est, z +, φ = +0.29.30.4
z — 30.26.5
Ouest, z + 30.17,7
z — 30.22,2

Moyenne . . . φ = +0.30.09.2

Latitude conclue φ = + 0°.30'.18",1. Erreur moyenne ± 4.6.

Station à Jambinga (poste de l'État).

ES.	Observateur.	Cercle.	Etoiles	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
ril.	D	E	ρ Navire . . .	26.06.35	27.2	+26.07.02.2	+26.06.34.2	+23.59.35.7	+2.06.58.5	
			β Ecrevisse. .	7.23.15	7.2	- 7.23.22.2	- 7.23.50.2	+ 9.31.15,3	7.25.1	
			η Id. . .	18.40.45	18.9	-18.41.03.9	-18.41.31.9	+20.48.41.9	7.10.0	

Cercle Est, z +, φ = +2.06.58.5
z — 7.17,5

Latitude conclue. . . φ = +2.07.08.0

Station à Boma.

ES.	Observateur.	Cercle.	Etoiles	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
iin.	G	E	ν Lion . . .	5.37.25	5.5	- 5.37.30.5	- 5.37.50.5	- 0.13.23.2	-5.51.13.7	N = — 20" Cercle Est
			ζ Coupe . . .	11.53.15	11,7	+11.53.26.7	+11.53.06.7	-17.44.50.4	50.43.7	
			β Lion. . . .	21.01.45	20,3	+21.02.05,3	+21.02.25.3	+15.10.54.9	51.30.4	
		0	ο Vierge . .	15.11.35	15.1	-15.11.50,1	-15.11.30.1	+ 9.20.17.3	51.12.8	
			ε Corbeau . .	16.07.55	16.1	+16.08.11.1	+16.08.31,1	-22.01.00.1	52.29.0	

Cercle Est. z —, φ = -5.51.22.0
z + 50.43.7
Ouest, z — 51.12.8
z + 51.29.0

Moyenne. . . φ = -5.51.41.9

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
18 juin.	G	E	β Lion . . .	21°01′15″	21″,5	−21°01′36″,5	−21°01′.56,5	+15°10′55″,2	−5°.51′.01″,3	
			ο Vierge . . .	15.11.10	15.1	−15.11.25,1	−15.11.45,1	+ 9.20.17,6	51.27.5	
			ε Corbeau . .	16.09.45	16,1	+16.10.01.1	+16.09.41,1	−22.01.00,0	51.18,9	
		O	η Vierge . .	5.47.45	5,6	− 5.47.50.6	− 5.47.30 6	− 0.03.43,5	51.14,1	
			δ Corbeau	10.02.50	9,9	+10.02.59.9	+10.03.19,9	−15.54.40,6	51.20,7	
			23 Chevelure .	29.04.55	31.0	−29.05.26,0	−29.05.06,0	+23.13.50,0	51.16,0	
								Cercle Est, z −, φ =	−5.51.14,4	
								z +	51.18,9	
								Ouest, z —	51.15,0	
								z +	51.20,7	
								Moyenne. . . . φ =	−5.51.17,2	
			Latitude conclue φ = 5°.51′.29″,6.							
			Station à Banana.							
24 juin.	G	E	δ Corbeau	9.54.20	9.7	+ 9.54.29.7	+ 9.54.09.7	−15.54.40.3	−6.00.30,6	
			23 Chevelure .	29.13.15	31,2	−29.13.46.2	−29.14.06,2	+23.13.50,4	15,8	
		O	β Chevelure	34.26.15	38.2	−34.26.53.2	−34.26.33.2	+28.25.57.7	35,5	
			61 Vierge. . .	11.41.55	11.5	+11.42.06.5	+11.42.26.5	−17.42.27,4	00,9	
			α Id. . .	4.35.00	4.5	+ 4.35.04.5	+ 4.35.24.5	−10.35.40,1	15.6	
			ζ Id. . .	5.58.20	5.8	− 5.58.25.8	+ 5.58.05.8	− 0.02.22,3	28,1	
								Cercle Est, z +, φ =	−6.00.30.6	
								z —	15,8	
								Ouest, z —	31,8	
								z +	8,2	
								Moyenne. . . . φ =	−6.00.21,6	
28 juin.	G	E	δ Corbeau . .	9.53.55	9.7	+ 9.54.04.7	+ 9.53.44.7	−15.54.40.1	−6.00.55.4	
			β Id. . .	16.47.35	16.8	+16.47.51.8	+16.47.31.8	−22.47.49.8	18.0	
			γ^1 Vierge. . .	5.08.25	5.0	− 5.08.30.0	− 5.08.50.0	− 0.51.11.8	1.8	
			δ Id. . .	9.58.50	9.8	− 9.58.59.8	− 9.59.19.8	+ 3.59.20,8	−5.59.59.0	
		O	β Corbeau .	34.25.55	38.2	−34.26.33.2	−34.26.13,2	+28.25.58.0	−6.00.15.2	
			61 Vierge . .	11.41.25	11.5	+11.41.36.5	+11.41.56.2	−17.42.27,2	30.7	
			α Id. .	4.34.50	4.5	+ 4.34.54.5	+ 4.35.14.5	−10.35.39,8	25.3	
			ζ Id. . .	5.58.15	5,8	− 5.58.20.8	− 5.58.00.8	− 0.02.21.6	22.4	
								Cercle Est, z +, φ =	−6.00.36,7	
								z —	00,4	
								Ouest, z +	28.0	
								z —	18,8	
								Moyenne. . . . φ =	−6.00.21,0	

ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	z_a	Réfraction ρ	$z_v = z_a + \rho$	z corrigé de N	Déclinaison δ	$\varphi = z + \delta$	*Observations.*
uin.	G	E	β Corbeau . .	16 47 .15 ′	16.8	+ 16° 47′.31″,8	+ 16° 47 .11.8	− 22°.47′.49″,8	− 6°.00′.38″.0	
			γ^1 Vierge. . .	5.08.25	5,0	− 5.08.30.0	− 5.08.50.0	− 0.51.11,8	1.8	
		0	δ Vierge . . .	9.59.35	9.8	− 9.59.44,8	− 9.59.24.8	+ 3.59.20,8	4.0	
			61 Id. . .	11.41.45	11.5	+ 11.41.56,5	+ 11.42.16,5	− 17.42.27.2	10 7	
								Moyenne. . . . φ =	− 6.00.13,8	
llet.	G	E	δ Vierge. . .	9.59.15	9,8	− 9.59.24,8	− 9.59.44.8	+ 3.59.21.1	− 6.00.23.7	
			θ Id. . .	1.02.50	1.0	− 1.02.51.0	− 1.03.11,0	− 4.57.30.3	41.3	
			61 Id. . .	11.42.00	11.5	+ 11.42.11,5	+ 11.41.51,5	− 17.42.27,0	35.5	
			α Id. . .	4.35.20	4,5	+ 4.35.24,5	+ 4.35.04.5	− 10.35.39.6	35.1	
		0	ζ Id. . .	5.58.05	5.8	− 5.58.10,8	− 5.57.50.8	− 0.02.21.2	12.0	
			m Id. . .	2.08.15	2,1	+ 2.08.17.1	+ 2.08.37,1	− 8.09.17.1	40.0	
			τ Id. . .	8.04.40	7,8	− 8.04.47.8	− 8.04.27.8	+ 2.04.16.2	11.6	
			$\varkappa$ Id. . .	3.45.20	3.7	+ 3.45.23.7	+ 3.45.43,7	− 9.46.06.9	23.2	
								Cercle Est. z —, φ =	− 6.00.32.5	
								z +	35.3	
								Ouest, z —	11.8	
								z +	31.6	
								Moyenne . . . φ =	− 6.00.27.8	

Latitude conclue $\varphi = -6^\circ.00'.21''.0$. Erreur moyenne $\pm 2''.8$.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
			Station à Matadi.							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
19 août 1890	D	E	δ Scorpion. .	59.13.72	- 0,43	59.13.29	+ 0.47	15.53.50.92	- 5.22 84	
	G		β' Id. . .	64.26.47	- 0.42	64.26.05	+ 0,38	59.03.65	22,75	
	D		δ Ophiucus. .	13.58.94	- 0.40	13.58.54	- 0,07	16.08.35,97	22,50	
	G	0	α Scorpion. .	28.01.83	+ 0.45	28.02.28	+ 0,59	22.41.15	21.72	
	D		τ Id. . .	34.24.17	+ 0,45	34.24.62	+ 0,65	29.03,56	21.71	
	G		κ Ophiucus. .	57.52.00	+ 0,41	57.52.41	- 0.41	52.28.92	23.08	
								Cercle Est, $z+$, $dh =$	- 5.22,81	
								$z-$	22,50	
								Ouest, $z+$	21,71	
								$z-$	23,08	
								Moyenne à 16h.25, $dh =$	+ 5.22 52	
					aF$_1$ séc δ					
22 août	D	E	Lune (1er bord)	12 25,22	- 0,43	12.24.79	+ 0,51	15.08.05 58	- 5 26,31	
					S =	+ 1.06,59				
				.	$h =$	13 31,38				
					a séc δ					
	G		δ Ophiucus. .	14.02,61	- 0.40	14.02,21	- 0,13	16.08.35,92	26.16	
	D		σ Scorpion. .	19 57.11	- 0,44	19 56,67	+ 1,12	14.31,44	26,35	
	G		α Id. . .	28.06,83	- 0,45	28 06,38	+ 1,16	22.41 07	26.47	
	D		τ Id. . .	34.29,05	- 0,45	34.28,60	+ 1,28	29.03,51	26,37	
	G		κ Ophiucus. .	57.55,94	- 0.41	57.55 53	- 0,81	52.28 87	25,85	
	D	0	η Id. . .	9.30,33	+ 0.42	9.30,75	+ 0,53	17.04.05,64	25.64	
	G		α Hercule . .	15.07,06	+ 0,41	15.07,47	- 1 07	9.30,20	27,20	
								Cercle Est, $z+$, $dh =$	- 5.26 40	
								$z-$	26,00	
								Ouest, $z+$	25 64	
								$z-$	27,20	
								Moyenne à 16h.52, $dh =$	- 5.26.31	
24 août.	D	0	α Scorpion. .	28.09,47	+ 0 45	28.09,92	+ 1,16	16.22.41,04	- 5.30,04	
	D		κ Ophiucus. .	57.59,44	+ 0 41	47.59,85	- 0,80	16.52.28,83	30,22	
					aF$_1$ séc δ					
	G		Lune (1er bord)	5.38,61	+ 0,45	5.39,06	+ 0,98	17.01.21,86	30 33	
					S =	+ 1.12,15				
					$h =$	6.51,21				

ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ h	$h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron. $dh = $ AR $- (h + $ D$b)$	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
oût.	G	O	A' Ophiucus .	14.05.64	+ 0,45	14.06.09	+ 1.18	17.08.36.61	- 5.30.66	
	D	E	α Id. . .	35.22.44	- 0.41	35.22.07	- 0.97	29.51.05	30.01	
	G		β Id. . .	43.35.11	- 0.40	43.34.71	- 0.55	38.03.72	30.44	
	G		μ Hercule . .	47.42.56	- 0.45	47.22.11	- 1.93	42.10.50	29.68	
	D		ν Ophiucus. .	58.30.83	- 0.41	58.30.42	+ 0.21	52.59.94	30.69	
	G		μ' Sagittaire .	12.43.56	- 0.43	12.43.13	+ 0.91	18.07.12.91	31.13	
							Cercle Ouest, δ +, dh =		- 5.30.35	
							δ —		30.22	
							Est, δ —		30.04	
							δ +		31.13	
							Moyenne à 17h.24, dh =		- 5.30.43	
oût.	D	E	κ Ophiucus. .	58.11.17	- 0.41	58.10.76	- 0.39	16.52.28.73	- 5.41.64	
	D		η Id. .	9.47.31	- 0.42	9.46.89	+ 0.25	17.04.05.50	41.64	
	G	O	θ Id. . .	20.57.75	+ 0.44	20.58.19	+ 0.52	15.16.74	41.97	
	G		α Id. . .	35.31.72	+ 0.41	35.32,13	- 0.36	29.50,94	40.83	
							Moyenne à 17h.16, dh =		- 5.41.52	

Station à la N' Séké.

ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ h	$h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron.	*Observations.*
ept.	D	O	ν Ophiucus .	58.19.83	+ 0.41	58.20.24	+ 0,05	17.52.59.75	- 5.20.54	
	D		p' Id. . .	5.15.67	+ 0.40	5.16.07	- 0.28	59.55.02	20.77	
	D		μ' Sagittaire .	12.32.78	+ 0.43	12.33,21	+ 0.55	18.07.12.72	21,04	
	G	E	δ Sagittaire. .	19.21.28	- 0.46	19.20.82	+ 0.91	13.58.90	22.83	
	G		ε Id. . .	44.11.56	- 0.45	44.11.11	+ 0.79	38.48.98	22.92	
	G		ζ Aigle . .	5.46.64	- 0.41	5.46.23	- 0.67	19.00.22.73	22.83	
							Cercle Ouest, δ +, dh =		- 5.20.79	
							δ —		20.77	
							Est, δ +		22.87	
							δ —		22.83	
							Moyenne à 18h.27, dh =		- 5.21.81	

Station à la Bembizi.

ES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ h	$h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron.	*Observations.*
ept.	G	E	α Ophiucus. .	35.04.58	- 0.41	35.04.17	- 13.16	17.29.50.80	- 5.00,21	
	D		β Id . .	43.11.44	- 0.40	43.11.04	- 7.32	38.03.48	00.24	
	D		μ Hercule . .	47.37.47	- 0.45	47.37.02	- 25.46	42.10.21	01.35	
	D		ν Ophiucus. .	57.57,28	- 0.41	57.56.87	+ 2.89	52.59.72	00.04	
	G		μ' Sagittaire .	12.01.28	- 0.43	12.00.85	+ 11.63	18.07.12.69	- 4.59,79	
	G	O	δ Id. . .	18.39.67	+ 0.46	18.40.13	+ 19.35	13.58.86	- 5.00.62	
	G		ε Id. . .	43.34.11	+ 0.45	43.34.56	+ 16.80	38.48.95	02.41	
	D		σ Id. . .	53.14.94	+ 0.45	53.15.39	+ 16.21	48.28.66	02.94	
	D		ζ Id. . .	5.41.56	+ 0.41	5.41.97	- 13.91	19.00.22.71	05.35	
	G		δ Id. . .	25.09.86	+ 0.40	25.10.26	- 6.06	19.58.87	05.33	
							Cercle Est, δ +, dh =		- 4.59.91	
							δ —		- 5.00.60	
							Ouest, δ +		01.99	
							δ —		05,34	
							Moyenne à 18h.25, dh =		- 5.01.96	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
			Station à N' Dembole (case de l'État).							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
10 sept.	D	E	θ Ophiucus. .	20.18.78	- 0,44	20.18,34	- 12,52	17.15.16,56	- 4.49,26	
	D		*d* Id. . .	25.27,61	- 0,46	25.27 15	- 16.21	20.21.13	49.81	
	G		α Id. . .	34.25 22	- 0.41	34.24,81	+ 11,03	29.50,77	45.07	
	G		β Id. . .	42.43,81	- 0,40	42.43,41	+ 6,13	38.03,45	46,09	
	G	0	ν Id. . .	57.48.86	+ 0 41	57.49,27	- 2.48	52.59,69	47,10	
	D		*p'* Id. . .	64.35.56	+ 0,40	64.35,96	+ 4,75	59.54.96	45.75	
	D		μ' Sagittaire .	12.10,40	+ 0,43	12.10,83	- 9,75	18.07.12,66	48,42	
	G		η Serpent . .	20.22.92	+ 0.40	20.23,32	+ 1 52	15.38.55	46,29	
	D		ζ Paon. . . .	36.55 33	+ 1,26	36.56,59	- 98,77	30.14,90		N'intervient pas dans le calcul de *dh*.
								Cercle Est. *z* +, *dh* =	- 4.49,53	
								z —	45,58	
								Ouest *z* +	47 76	
								z —	46,02	
								Moyenne à 17h.42, *dh* =	- 4.47,22	
			Station à N' Tombo Lakuti (case de l'État).							
11 sept.	D	E	α Ophiucus. .	34.09,28	- 0,41	34.08 87	+ 12.47	17.29 50 75	- 4.30.59	
	G		β Id. . .	42 27 56	- 0.40	42.27.16	- 6 86	38.03 43	30.59	
	G		μ Hercule . .	46.16,72	- 0,45	46.16,27	+ 24,26	42.10,15	30,38	
	D		ν Ophiucus . .	57.33 67	- 0 41	57.33,26	- 2 99	52 59 67	30 60	
	D		*p'* Id. . .	64.20.39	- 0.40	64.19,99	+ 5 44	59.54,94	30.49	
	G		μ' Sagittaire .	11.54,75	- 0,43	11 54,32	- 11,33	18.07 12,64	30,35	
	D	0	η Serpent . .	20.06,06	+ 0,40	20.06,46	+ 1,66	15.38 54	29,58	
	G		ζ Paon. . . .	36.52.28	+ 1,26	36 53.54	-113,04	30.14,84		N'intervient pas dans la moyenne de *dh*.
	D		φ Sagittaire. .	43.36,83	+ 0,45	43 37 28	- 16.29	38 48,90	32,09	
	G		σ Id. . .	53.15.61	+ 0,45	53.16,06	- 15 73	48 28 61	31.72	
	D		ζ Aigle. . . .	4.37,00	+ 0,41	4.37,41	+ 13,17	19.00.22,65	27,93	
								Cercle Est, *z* —, *dh* =	- 4.30,51	
								z +	30.47	
								Ouest, *z* —	31,90	
								z +	28,75	
								Moyenne à 18h.20, *dh* =	- 4.30,41	
			Station à Sékélolo (case de l'État).							
13 sept.	D	E	ϰ Ophiucus. .	33.56,17	- 0,41	33.55,76	+ 1.75	17.29.50,71	- 4.06 80	
	D		β Id. . . .	42.09.72	- 0.40	42.09,32	+ 0.43	38.03.39	6 36	
	D		ν Id. . . .	57.07,28	- 0 41	57.06,87	- 0,96	52 59,64	6,27	
								Cercle Est, *z* —, *dh* =	- 4.06,58	
								z +	6,27	
								Moyenne à 17h.48, *dh* =	- 4.06,42	

…es.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh = Æ - (h + Db)$	*Observations.*
			Station au Kwilu.							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
…pt.	G	E	σ Sagittaire. .	52.34.47	- 0,45	52.34,02	- 12.34	18.48.28,56	- 3.53,12	
	G		ζ Sagittaire. .	59.47,11	- 0,46	59.46.65	- 14.81	55.38.67	53,17	
	D		ζ Aigle. . . .	4.05,94	- 0,41	4.05,53	+ 10.24	19.00.22,60	53,17	
								Cercle Est, z +, dh =	- 3.53,15	
								z —	53,17	
								Moyenne à 19h.00, dh =	- 3.53,16	
			Station au camp de N' Gumi.							
…pt.	G	E	φ Sagittaire. .	42.26,06	- 0,45	42.25,61	+ 3.62	18.38.48.82	- 3.40.41	
	G		ζ Aigle . . .	4.06.28	- 0,41	4.05.87	- 2,88	19.00.22.57	40.42	
	D	O	ω Id. . . .	16.34 67	+ 0,41	16.35.08	- 2,51	12.40.70	51,87	
	D		b Id. . . .	23.40,06	+ 0 41	23.40,47	- 2,56	19.45.25	52,66	
	G		h^2 Sagittaire .	33.54,70	0,0	33.54,70	+ 3,27	30.02,81	55,16	
								Cercle Est, z +, dh =	- 3.40,41	
								z —	40,42	
								Ouest, z —	52,26	
								z +	55,16	
								Moyenne à 19h.10, dh =	- 3.47,06	
			Station à Lukungu.							
…pt.	D	E	μ' Sagittaire .	10.18,44	- 0 43	10.18,01	- 1,94	18.07.12,47	- 3.03,60	
	D		η Serpent . .	18.42 06	- 0.40	18.41,66	+ 0.24	15.38 37	3 53	
	G		φ Sagittaire. .	41.55,44	- 0 45	41.54,99	- 2,76	38.48,73	3.50	
	G		σ Id. . .	51.34,94	- 0 45	51.34.49	- 2.67	48.28.44	3,38	
	D		ζ Aigle . . .	3.24.67	- 0,41	3.24 26	+ 2.17	19.00.22 48	3,95	
	D		δ Dragon . .	15.21,00	- 1,04	15.19,96	+ 16.32	12.32,78		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	D	O	γ Aigle . . .	44.05 83	+ 0.41	44.06.24	+ 1.76	41.03.40	4,60	
	G		ω Id. . . .	52.59 39	+ 0,40	52.59,79	+ 1,27	49.56 27	4,79	
	G		c Sagittaire. .	59.04,33	+ 0,45	59.04,78	- 2,90	55.55,77	6,11	
								Cercle Est, z +, dh =	- 3.03,53	
								z —	3,74	
								Ouest, z +	4,69	
								z —	6,11	
								Moyenne à 19h.15, dh =	- 3.04,52	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. dh = Æ − (h + Db)	Observations.
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
22 sept.	D	E	μ' Sagittaire .	10.18,78	- 0,43	10.18,35	- 0,76	18.07.12,47	- 3.05,12	
	D		φ Id. . .	41.55,17	- 0,45	41.54,72	- 1,09	38.48,73	4,90	
	G		σ Id. . .	51.34,94	- 0,45	51.34,49	- 1,05	48.28,44	5,00	
	G		ζ Aigle. . . .	3.26,94	- 0,41	3.26,53	+ 0,85	19.00.22,48	4,90	
	D	O	β Id. . . .	53.00,94	+ 0,40	53.01,34	+ 0,50	49.56,27	5,57	
	D		c Sagittaire. .	59.02,84	0,0	59.02,84	- 1,14	55.55,77	5,93	
							Cercle Est, z +, dh —		- 3.05,00	
							z —		4,90	
							Ouest, z —		5,57	
							z +		5,93	
							Moyenne à 19h.22, dh =		- 3.05,35	
			Station à la M' Pioka (case de l'État).							
27 sept.	D	E	φ Sagittaire. .	41.21,83	- 0,45	41.21,38	+ 2,28	18.38.48,62	- 2.35,04	
	G		σ Id. . .	51.00,94	- 0,45	51.00,49	+ 2,20	48.28,33	34,37	
	D		ζ Aigle . . .	2.59,61	- 0,41	2.59,20	- 1,78	19.00.22,37	35,05	
	G		ω Id. . . .	15.17,22	- 0,41	15.16,81	- 1,56	12.40,51	34,74	
	G	O	δ Id. . . .	22.32,00	+ 0,40	22.32,40	- 0,74	19.58,58	33,08	
	D		h^2 Sagittaire .	32.32,11	+ 0,44	32.32,55	+ 2,06	30.02,63	31,98	
							Cercle Est, z +, dh =		- 2.34,70	
							z —		34,80	
							Ouest, z +		33,08	
							z —		31,98	
							Moyenne à 19h.13, dh =		- 2.33,66	
			Station à Kinsinga.							
28 sept.	D	E	φ Sagittaire .	40.42,67	- 0,45	40.22,22	+ 18,75	18.38.48,60	- 2.12,37	
	G		σ Id.	50.22,94	- 0,45	50.22,49	+ 18,11	48.28,31	12,29	
	D		ζ Aigle . . .	2.50,44	- 0,41	2.50,03	- 14,65	19.00.22,35	13,03	
	D		δ Dragon. . .	16.36,28	- 1,04	16.35,24	- 110,50	12.32,37		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	G	O	β' Cygne . . .	28.58,89	+ 0,45	28.59,34	- 27,08	26.18,35	13,91	
	G		γ Aigle . . .	43.28,83	+ 0,41	43.29,24	- 11,89	41.03,28	14,07	
	D		c Sagittaire .	57.51,08	+ 0,45	57.51,53	+ 19,69	55.55,65	15,57	
							Cercle Est, z +, dh =		- 2.12,33	
							z -		13,03	
							Ouest, z +		15,57	
							z —		13,99	
							Moyenne à 19h.21, dh =		- 2.13,73	

…s.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh=$ Æ $-(h+\mathrm{D}b)$	*Observations.*
			Station à Kintombi.							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
…t.	D	E	ζ Capricorne .	21.43,28	- 0,43	21.42.85	- 34.68	21 20.25,40	- 0.42 77	
			γ Id. .	35.08,33	- 0 42	35.07.91	- 23.13	34.02.00	42 78	
			ε Pégase. . .	39.07,11	- 0,41	39.06 70	+ 25.04	38.48,98	42,76	
			α Verseau . .	0.46,64	- 0,40	0.46,24	+ 6,73	22.00.10,13	42,84	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.42.77	
								z —	42,80	
								Moyenne à 21ʰ.39, dh =	- 0.42,79	
			Station à M' Fumu M' Bé (à 50 mètres au N.-E. de la case de l'État).							
…t.	D	E	δ Aigle . . .	20.04.83	- 0.40	20.04.43	+ 14.79	19.19.58 36	- 0.20,86	
			h^2 Sagittaire .	31.04,44	- 0,44	31.04.00	- 44,20	30.02.41	17.39	
			γ Aigle . . .	40.55,39	+ 0,41	40.55,80	+ 29 64	41 03,08	22.36	
		0	α Id. . . .	45.22,11	+ 0,40	45.22,51	+ 26,05	45.26,34	22,22	
			c Sagittaire .	57.08,83	+ 0,45	57.09.28	- 51,47	55.55.45	22 36	
			α² Capricorne.	12.37,67	+ 0.41	12.38,08	- 17,08	20.11.58 76	22,24	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.17.39	
								z —	20,86	
								Ouest, z +	22.30	
								z —	22,29	
								Moyenne à 19ʰ.40, dh =	- 0.20,71	
			Station à Selembao (case de l'État).							
…t.	D	E	β¹ Cygne. . .	26.48.25	- 0.45	26.47.80	- 18,44	19.26.18 06	- 0.11 30	
			ϰ Aigle . . .	31.09,62	0,00	31.09,62	+ 1.52	30.59,84	11.30	
		0	γ Id. . . .	41.22.06	+ 0.41	41.22.47	- 7.93	41.03.05	11.49	
			α Id. . . .	45.44.47	+ 0.40	45.44.87	- 6 95	45.26.31	11 61	
			β Id. . . .	50.13 39	+ 0.40	50.13.79	- 5 62	49.55.93	12.24	
			c Sagittaire. .	55.55.78	+ 0 45	55.56.23	+ 13.62	55.55 41	14 44	
			α² Capricorne.	12.07.39	+ 0,41	12.07,80	+ 4.65	20.11.58,73	13,72	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.11 30	
								z —	11.47	
								Ouest, z +	14 08	
								z —	12,24	
								Moyenne à 19ʰ.42, dh =	- 0.12,27	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + \mathrm{D}b)$	*Observations.*
			Station à Léopoldville.							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
16 oct.	D	E	α Aigle . .	45.25.36	- 0.40	45 24.96	- 0 20	19.45.26.33	+ 0.01.47	
			β Id. . .	49.54,72	- 0 40	49.54 32	- 0.17	49.55.86	1,71	
			δ Paon . . .	57.56.28	- 1 00	57.55 28	+ 2 00	57.58.75		N'intervient pas dans la moyenne de *dh*.
			α² Capricorne.	11 57,53	- 0 41	11.57.12	+ 0 14	20.11.58,66	1,40	
			β² Id. .	14.50,22	- 0,41	14.49,81	+ 0,17	14.51,47	1.49	
		O	ρ Capricorne .	22.36.22	+ 0.42	22.36,64	+ 0.22	22.36.86	0.00	
			α Dauphin . .	34.32,03	+ 0,42	34 32,45	- 0,32	34.33.23	1,10	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 0.01,44	
								z —	1.59	
								Ouest, z +	0,00	
								z —	1,10	
								Moyenne à 20h.15, dh =	+ 0.01,03	
18 oct.	D	E	α Aigle . . .	45.30,61	- 0,40	45.30,21	- 0.05	19.45.26.20	- 0.03.96	
			β Id. . . .	50.00.33	- 0 40	49.59 93	- 0.04	49 55.83	4.06	
			c Sagittaire. .	55.59.61	- 0.45	55.59,16	+ 0,10	55.55.30	3.96	
			α² Capricorne.	12.03,06	- 0,41	12.02,65	+ 0.03	20.11.58,63	4 05	
		O	ρ Capricorne .	22.40.22	+ 0,42	22.40,64	+ 0.06	22.36 82	3.88	
			α Dauphin . .	34.37,78	+ 0,42	34.38,20	- 0,08	34.33,19	4,93	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.04,01	
								z —	4.01	
								Ouest, z +	3,88	
								z —	4,93	
								Moyenne à 20h.12, dh =	- 0.04,21	
					a F₁ séc δ					
20 oct.	D	E	Lune (1er bord)	28.00,72	- 0,46	28.00.26	- 0,61	19.29.05,51	- 0.08,12	
					S =	+ 1.13,32				
					h =	29.14,24				
					a séc δ					
			α Aigle . .	45.34,39	- 0.40	45.33,99	+ 0 34	45.26,17	8,16	
			ζ Sagittaire. .	56.04.56	- 0,45	56.04,11	- 0,68	55.55.27	8,16	
			4 Capricorne	11.44,44	- 0,43	11.44,01	- 0,49	20.11.35,28	8.24	
			146 Piazzi . .	23.15.00	- 0.43	23.14.57	- 0.51	23.05,78	8,28	
			α Dauphin . .	34.41.19	- 0.42	34 40.77	+ 0.53	34.33,16	8.14	
			ψ Capricorne	39.45,97	- 0,60	39.45,53	- 0,60	39.36,80	8,13	
			μ Verseau . .	46.53.39	+ 0,41	46.53.80	- 0,13	46.44.93	8,74	
			32 Petit Renard.	50.01,54	0,0	50.01,54	+ 0,89	49.53,66	8,77	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.08,20	
								z —	8.15	
								Ouest, z +	8,74	
								z —	8,77	
								Moyenne à 20h.31, dh =	- 0.08,47	

s.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh = Æ - (h + Db)$	Observations.
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
t.	D	E	α Aigle . . .	45.36 61	-0 40	45.36,21	+ 0,22	19.45.26,15	- 0.10,28	
			e Sigittaire. .	56.06.39	-0,45	56.05.94	- 0.45	55.55 25	10.14	
			4 Capricorne .	11.46,50	-0,43	11.46,07	- 0,33	20.11.35,26	10,48	
			146 Piazzi . .	23.16,94	-0 43	23.16,51	- 0,34	23 05.76	10,41	
			Lune	31.33,78	(aF_1 séc δ) -0.45	31.33 33	- 0,36	32.35 87	10.35	
					S =	+ 1.13,25				
					h_1 =	32.46,58				
			α Dauphin . .	34.43,44	(a séc δ) -0.42	34.43.02	+ 0.35	34.33,15	10,22	
			ψ Capricorne .	39.47,89	-0.44	39.47,45	- 0,40	39.36,78	10,27	
		0	μ Verseau . .	46.55,83	+ 0.41	46.56,24	- 0.09	46.44,92	11 41	
			32 Petit Renard.	50.03,44	+ 0,45	50.03,89	+ 0.50	49.53,45	11,03	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.10,32	
								z —	10,25	
								Ouest, z +	11,41	
								z -	11,03	
								Moyenne à 20h.31, dh =	- 0.10,75	
t.	D	0	32 Petit Renard.	50.06,50	+ 0,45	50.06,95	- 0 64	20.49.53.62	- 0.12,69	
			27 Capricorne.	3.29,28	+ 0,43	3 29.71	+ 0 33	21.03.17,52	12,52	
			ζ Cygne .	8.29 39	+ 0,46	8.29 85	- 0,69	8.16 65	12,51	
			ζ Capricorne .	20.36,69	+ 0,43	20.37.12	+ 0 74	20.25,17	12,69	
			Lune	33.14 56	(aF_1 séc δ) + 0,44	33.15,00	+ 0,28	34.14,44	12,60	
					S =	+ 1.11,76				
					h_1 =	34.26,76				
			δ Capricorne .	41.12,00	(a séc δ) + 0,42	41.12,42	+ 0,24	41.00,13	12,53	
			Nuages.							
t.	D	0	δ Capricorne .	41.13,50	+ 0,42	41.13,92	+ 0,19	21.41.00,12	- 0.13,99	
	G		16 Pégase .	48.19 31	+ 0.44	48.19 75	- 0.47	48.05,11	14,17	
	D		i Verseau . .	00.45,56	+ 0 41	00.45,97	+ 0,15	22.00.31,78	14,34	
	G		γ Id. . .	16.14,11	+ 0,40	16.14 51	- 0.04	16.00,55	13,95	
	D		Lune	32.19,75	(aF_1 séc δ) + 0.43	32.20,18	+ 0.17	33.16,12	14,15	
					S =	+ 1.10,02				
					h_1 =	33.30,20				
	D		δ Verseau . .	49.04,39	(a séc δ) + 0,42	49.04,81	+ 0,19	48.50,98	14 02	
	G	E	β Pégase. . .	58.43 89	- 0,45	58.43.44	- 0.51	58.28,65	14,28	
	D		c^2 Verseau . .	3.50,97	- 0.43	3.50.54	+ 0,27	23.03.37,28	13,53	
								Cercle Ouest, z +, dh =	- 0.14.12	
								z —	14,06	
								Est, z +	13,53	
								z —	14,28	
								Moyenne à 22h.34, dh =	- 0.14,00	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. dh = Æ — (h + Db)	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
24 oct.	D	E	λ Verseau . .	47.11,17	- 0,40	47.10,77	+ 0,19	22.46.54,65	- 0.16,12	
	D		α Poissons .	51.51,94	- 0,46	51.51,48	+ 1,42	51.36 80	16.10	
	G		β Pégase. . .	58.46,83	- 0,45	58.46,38	- 1,68	58.28,64	16.06	
	D		c^2 Verseau . .	3.52,89	- 0,43	3.52,46	+ 0,91	23.03.37,27	16,10	
	D		ψ^2 Id. . .	13.32,94	- 0,41	13.32,53	+ 0,29	13.16,67	16,15	
	G		ν Pégase. . .	20.13,56	- 0,43	20.13,13	- 1,40	19.55,60	16,13	
	D		Lune	28.52,88	0,0	28.52 88	+ 0,24	29.45,38	16,24	
					S =	+ 1.08,50				
					h_1 =	30.01,38				
	G		30 Poissons .	56.38,17	- 0,40	56.37,77	+ 0,11	56.21,52	16,14	
	D		17 B. A. C. .	5.00,17	- 0,40	4.59,77	+ 0,07	24.04.43,47	16,37	
	G	0	12 Baleine . .	24.44,58	0,0	24.44,58	+ 0,01	24.27,96	16,63	
	D		δ Poissons . .	43.17,39	- 0,40	43.17,79	- 0,56	43.01,04	16,19	
								Cercle Est, z +, dh =	- 0.16,19	
								z —	16,09	
								Ouest, z +	16,63	
								z —	16.19	
								Moyenne à 23h.54, dh =	- 0.16,27	
4 nov.	D	E	ζ Cygne . . .	8.56,38	- 0,46	8.55,92	- 0.21	21.08.16,40	- 0.39,31	
	G		α Céphée . .	16.38,39	- 0,86	16.37,53	- 0,64	15.57,98		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	D		ζ Capricorne.	21.04,11	- 0,43	21.03,68	+ 0,23	20.25,00	38,91	
	D	0	β Verseau . .	26.28,28	+ 0,40	26.28,68	+ 0,06	25.47,71	41,00	
	G		ε Pégase. . .	39.29,61	+ 0,41	39.30,02	- 0,08	38.48,63	41,31	
								Moyenne à 21h.24, dh =	- 0.40,13	

Station sur la rive droite du Congo (entre Lisha et M' Suata).

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron.	*Observations.*
30 nov.	D	E	ω Poissons. .	52.03,50	- 0,40	52.03,10	+ 12,26	23.53.41,84	+ 1.26,48	
	D		α Andromède.	0.36,61	- 0,46	0.36,15	+ 42,91	0.02.44,24	25,18	
	D		γ Pégase. . .	5.47,94	- 0,41	5.47,53	+ 22,91	7.36,43	25,99	
	D		16 Baleine . .	36.58,22	- 0,42	36.57,80	- 19,29	38.06,43	27,92	
	G	0	γ Cassiopée .	46.33 00	+ 0,80	46.33,80	+ 127,63	50.07.40		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	G		ε Poissons . .	55.36,72	+ 0,40	55.37,12	+ 13.46	57.16 57	25.99	
	G		η Baleine . .	1.48,56	+ 0,41	1.48,97	- 9,05	1.03.05,88	25,96	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 1.27,92	
								z —	25,88	
								Ouest, z +	25,96	
								z —	25,99	
								Moyenne à 24h.38, dh =	+ 1.26,44	

Station à M' Suata (poste de l'État).

…es.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
…éc.	D	E	16 Baleine . .	36.23,44	- 0 42	36.23,02	- 15.92	0.38.06,42	+ 1.59.32	
	D		γ Cassiopée .	46.25.33	- 0.80	46.24,53	+ 103,54	50.07.38		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	D		ε Poissons . .	55.06.94	- 0,40	55.06,54	+ 10,82	57.16.57	59,21	
	G	0	η Id. . .	23.21,56	+ 0.41	23.21.97	+ 18.51	1.25.38.42	57.94	
	G		ε Sculpteur. .	38.58.61	+ 0.44	38.59,05	- 24.22	40.32.50	57,67	
								Moyenne à 1h.08, $dh =$	+ 1.58.63	

Station à Berghe-Sainte-Marie.

…es.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron.	*Observations.*
…c.	D	E	α Poissons .	49.20,61	- 0,46	49.20,15	+ 25.03	22.51.36,24	+ 1.51,06	
	D		β Pégase . .	57.02,44	- 0,45	57.01.99	- 27,40	58.28,09	53,50	
	D	0	γ Poissons. .	9.44.22	+ 0 40	9.44,62	- 4.83	23.11.29,61	49,82	
	D		ν Pégase. .	18.26.72	+ 0,41	18 27.13	- 22,61	19.55,14	50 62	
	G		δ Sculpteur .	41.01.50	+ 0,46	41.01,96	+ 23,48	43.13,92	48,48	
	G		30 Poissons .	54.28 44	+ 0,40	54.28,84	+ 2.91	56.21,20	49,45	
								Cercle Est, z +, $dh =$	+ 1.51,06	
								z —	53,50	
								Ouest, z +	48.96	
								z —	50,22	
								Moyenne à 23h.12, $dh =$	+ 1.50,94	

Station à Lisha (poste de l'État).

…es.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron.	*Observations.*
…c.	D	E	ν Pégase. . .	18.42,50	- 0,41	18.42.09	+ 25,60	23.19.55.12	+ 0.47,43	
	D		ι Poissons. .	33.24.06	- 0.40	33.23 66	+ 8,18	34.19.53	47.69	
	G		δ Sculpteur .	42.52 61	- 0,46	42.52,15	- 25.18	43.13 90	46 93	
	G		2 Baleine . .	57 35.33	- 0,42	57 34,91	- 13,40	58.08.41	46,93	
	D	0	γ Pégase. . .	6.34,22	+ 0 41	6.34.63	+ 17.14	0 07.36.38	44,61	
	D		16 Baleine . .	37.35 06	+ 0.42	37.35.48	- 14,12	38.06,38	45 02	
	G		δ Poissons . .	42.06.06	+ 0 40	42.06,46	+ 9.92	43.00 85	44 47	
	G		α Sculpteur .	53.02,00	+ 0,46	53.02,46	- 26,69	53.20,81	45,04	
								Cercle Est, z +, $dh =$	+ 0.46 93	
								z —	47 56	
								Ouest z +	45 03	
								z —	44,54	
								Moyenne à 0h.07, $dh =$	+ 0.46.01	

Station à Léopoldville.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
10 déc.	D	E	δ Sculpteur .	45.13,44	- 0,46	45.12,98	+ 8,58	23.43.13,84	- 2.07,72	
	D		ω Poissons . .	55.52,94	- 0,40	55.52,54	- 3,38	53.41,74	7,42	
	G		2 Baleine .	60.12,33	- 0,42	60.11,91	+ 4,50	58.08,36	8,05	
	G		γ Pégase. . .	9.50,50	- 0,41	9.50,09	- 6,10	0.07.36,33	7,66	
	D	O	16 Baleine .	40.10,78	+ 0,42	40.11,20	+ 4,74	38.06,33	9,61	
	G		δ Poissons . .	45.13,44	+ 0,40	45.13,84	- 3,59	43.00,80	9,45	
	D		γ Cassiopée .	52.48,94	+ 0,80	52.49,74	- 32,98	50.07,15		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
								Cercle Est, $z +$, $dh =$	- 2.07,88	
								$z -$	7,54	
								Ouest, $z +$	9,61	
								$z -$	9,45	
								Moyenne à $0^h.20$, $dh =$	- 2.08,62	
13 déc.	D	E	δ Sculpteur .	45.23,72	- 0,46	45.23,26	+ 4,73	23.43.13,80	- 2.14,19	
	D		ω Poissons .	55.59,56	- 0,40	55.59,16	- 1,89	53.41,71	15,56	
	G		2 Baleine . .	60.21,00	- 0,42	60.20,58	+ 2,48	58.08,32	14,74	
	G		α Andromède.	5.07,06	- 0,46	5.06,60	- 6,21	0.02.44,07	16,32	
	G	O	γ Pégase . .	9.55,72	+ 0,41	9.56,13	- 3,69	7.36,29	16,15	
	D		13 Baleine . .	31.53,61	+ 0,40	31.54,01	0,0	29.37,31	16,70	
	D		16 Id. . .	40.19,56	+ 0,42	40.19,98	+ 2,62	38.06,29	16,31	
	G		δ Poissons . .	45.18,83	+ 0,40	45.19,23	- 1,98	43.00,78	16,47	
	G		γ Cassiopée .	52.40,78	+ 0,80	52.41,58	- 18,21	50.07,06		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
								Cercle Est, $z +$, $dh =$	- 2.14,46	
								$z -$	15,94	
								Ouest, $z +$	16,31	
								$z -$	16,44	
								Moyenne à $0^h.16$, $dh =$	- 2.15,79	

Station sur l'île des Hippopotames.

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
22 déc.	D	E	16 Baleine . .	37.19,44	- 0,42	37.19,02	- 19,55	0.38.06,19	+ 1.06,72	
	D		δ Poissons . .	41.43,56	- 0,40	41.43,16	+ 10,97	43.00,68	6,55	
	G		γ Cassiopée .	47.01,50	- 0,81	47.00,69	+ 120,75	50.06,78		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
	D	O	α Sculpteur .	52.51,89	+ 0,46	52.52,35	- 35,55	53.20,59	3,79	
	G		ε Poissons . .	56.02,28	+ 0,40	56.02,68	+ 11,27	57.16,39	2,44	
								Cercle Est, $z +$, $dh =$	+ 1.06,72	
								$z -$	6,55	
								Ouest, $z +$	3,79	
								$z -$	2,44	
								Moyenne à $0^h.47$, $dh =$	+ 1.04,87	

…TES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. dh = Æ − (h + Db)	*Observations.*
			Station à Lukolela (mission Baptiste américaine).							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
déc.	D	E	16 Baleine . .	33.29.39	− 0 42	33.28,97	− 5.88	0.38.06,16	+ 4.43,07	N'intervient pas dans la moyenne de *dh*
	D		γ Cassiopée .	44.50,96	0,0	44.50.96	+ 32,67	50.06,70		
	D		ε Poissons .	52.30,99	0.0	52.30,99	+ 2,74	57.16,36	42,63	
	G		η Baleine . .	58.26,33	− 0.41	58.25,92	− 3,16	63.05,65	42,89	
	G		θ′ Id. . .	13.53,72	− 0,40	13.53,32	− 2,49	1.18.33,83	43.00	
	D	O	η Poissons . .	20.54,19	0.0	20.54,19	+ 5,24	25.38,25	38,82	
	D		ε Sculpteurs .	35.59,42	0,0	35.59,42	− 8,54	40.32,26	41,38	
								Cercle Est, z + dh =	+ 4.42,99	
								z −	42,63	
								Ouest, z +	41,38	
								z −	38,82	
								Moyenne à 1h.11, dh =	+ 4.41,45	
			Station à Lulanga (factorerie Daumas).							
déc.	D	O	θ′ Baleine . .	9.38.72	+ 0,40	9.39.12	+ 3,72	1.18.33,78	+ 8.50,94	
	D		ν Poissons . .	26.56,58	0.0	26.56,58	− 1,67	35.44,78	49,87	
	G	E	β Bélier . . . Nuages.	39.51,56	− 0,43	39.51.13	− 8,04	48.36.36	53,27	
								Moyenne à 1h.25, dh =	+ 8.51,36	
			Station à Nouvelle Anvers (Bangalas).							
…nv.	D	E	16 Baleine . .	25.13.17	− 0.42	25.12.75	+ 43.38	0.38.06.05	− 12.09.92	N'intervient pas dans la moyenne de *dh*.
	D		γ Cassiopée .	41.21.61	− 0,81	41.20.80	− 204,32	50.06.41		
	D		ε Poissons .	45.18,41	0.0	45.18 41	− 12.02	57.16.26	9 87	
	G		η Baleine . .	50.29.89	− 0,41	50.29.48	+ 25,95	1.03.05 55	10.12	
	G		θ′ Id. . .	6.02.61	− 0 40	6.02 21	+ 21.67	18.33,73	9.85	
	G		η Poissons. .	13.56,94	− 0,41	13.56 53	− 28.18	25.38 15	9,80	
	D	O	ν Id. . .	23.44.06	+ 0,40	23.44 46	− 6,93	35.44,74	7.21	
	D		β Bélier . . .	37.09.86	+ 0,43	37.10,29	− 40,65	48.36,31	6,67	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 12.09,96	+ 12 09,90 } C = + 1s,43
								z −	9.83	
								Ouest, z +	7,21	+ 12.06,94
								z −	6.67	
								Moyenne à 1h.12, dh =	+ 12.08,42	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $-(h+\mathrm{D}b)$	*Observations.*
				m s	(a+C, séc δ)	m s		h m s	m s	
4 janv.	D	E	16 Baleine . .	25.59.44	+ 1,09	26.00,53		0.38.06,04	+ 12.05,51	C = + 1s,43
	D		η Id. . .	50.59,06	+ 1,05	51.00,11		1.03.05 54	5.43	
	D		η Poissons. .	13.31,72	+ 1,07	13.32.79		25.38,14	5,35	
	D		ν Id. . .	23.38,17	+ 1,03	23.39,20		35.44,73	5,53	
	G	O	ζ Baleine . .	33.59.06	- 1,05	33.58 01		46.04,20	6.19	
	G		υ Id. . .	42.46 33	- 1,11	42.45,22		54.51,71	6 49	
	G		α Bélier . . .	48.55,61	- 1,12	48.54,49		2.01.01,02	6,53	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 12.05,47	
								z —	5,44	
								Ouest, z +	6 34	
								z —	6,53	
								Moyenne à 1h.21, dh =	+ 12.05,94	
5 janv. touché à la collim.	D	E	η Poissons . .	13.34,00	+ 1,86	13.35,86	- 0.64	1.25.38,12	+ 12.02,90	C = + 2s,2
	D		ζ Baleine . .	33.58,78	+ 1,83	34.00,61	+ 0,59	46.04,19	2.99	
	G	O	υ Id. . .	42.49,50	- 1,93	42.47.57	+ 1,15	54.51,70	2,98	
	G		α Bélier . . .	49.01,06	- 1,96	48.59,10	- 1,07	2.01.01,01	2,98	
								Moyenne à 1h.35, dh =	+ 12.02,96	
6 janv.	D	E	θ' Baleine . .	6.33,67	- 0.40	6.33,27		1.18.33 69	+ 12 00,42	
	D		η Poissons. .	13.37,56	- 0,41	13.37,15		25.38,11	00,96	
	D	O	ο Id. . .	27.37,06	+ 0,40	27.37.46		39.37,52	00.06	
	D		ζ Baleine . .	34.05,50	+ 0,41	34.05,91		46.04,17	11.58,26	
								Cercle Est, dh =	+ 12.00,69	C = + 0s,76
								Ouest,	11.59,16	
								Moyenne à 1h.20, dh =	+ 11.59,92	
					(a+C) séc δ					
11 janv.	D	E	β Bélier . . .	36.49 64	+ 0,38	36.50 02	+ 1,02	1.48.36 22	+ 11.45,18	Dév. azim = — 2s,996
			α Hydre mâle	43.40,06	+ 0,77	43.40,83	- 5,74	55.20,27	45,18	
12 janv.	D	E	ζ Baleine . .	34.21,94	+ 0,37	34.22,31	- 0,66	1.46.04 11	+ 11.42,46	
	D		α Bélier . . .	49.18,17	+ 0,39	49.18,56	+ 1,18	2.01.00,92	41,18	
	G	O	67 Baleine . .	59.50,61	- 0,36	59.50,25	- 0,45	11.32,20	42,40	
	G		ξ² Id. . .	10.39,78	- 0,36	10.39,42	+ 0,34	22.21,20	41,44	
								Moyenne à 1h.51, dh =	+ 11.41,87	
					(CF₁ séc δ)					
15 janv.	D	E	Lune	10.55,75	+ 0,74	10.56,49	- 0,24	0.23.37,72	+ 11.34,17	D = — 2s.995 ; C = + 0,71
					S =	+ 67,30				
					h =	12.03,79				
					(a+C) séc δ					
	D		ε Lièvre. . .	49.18,83	+ 0,34	49.19,17	- 1,33	4.60.51,40	33,56	
	D		β Orion . . .	57.44,89	+ 0,31	57.45,20	- 0 52	69.18,29	33,61	
								Moyenne à 4h.54, dh =	+ 11.33,58	

ATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $-(h+$ D$b)$	*Observations.*
				m s	(a+C) F₁ séc δ	m s	s	h m s	m s	
· janv.	D	0	Lune	3.28,28	- 0,32	3.27,96	+ 0,01	1.16.04.67	+ 11.30,27	D = — 0s,327 ; C = + 0,71
					S =	+ 66,43				
					h =	4.34,39				
					(a+C) séc δ					
	D		α Bélier . . .	49.30,94	- 0,34	49.30,60	+ 0.02	2.01.00,87	30.15	
	D		ξ² Baleine . .	10.51.50	- 0,31	10.51.19	+ 0,04	22.21.15	29.92	
	G		γ Id. . . .	26.08,72	- 0,31	26.08,41	0.0	37.38,63	30 22	
	G		α Id. . . .	45.04,56	- 0,31	45.04.56	+ 0.01	56.34,45	30,19	
							Moyenne à 2h.18. dh =		+ 11.30,12	
janv.	D	E	α Bélier . . .	49.31,56	+ 0,34	49.31.90	+ 0.76	2.01.00,85	+ 11.28.19	D = — 1s,932
					(a+C) F₁ séc δ					
	G		Lune	55.11,36	+ 0,33	55.11,69	+ 0,28	7.46,54	28,25	
					S =	66,32				
						56.18,01				
					(a+C) séc δ					
	G		ξ² Baleine . .	10.52.44	+ 0,31	10.52.75	+ 0.22	22.21,14	28.17	
	G		γ Id. . .	26.10,06	+ 0.31	26.10,37	+ 0.04	37.38 62	28 21	
	D		θ Éridan. . .	42.40,78	+ 0.41	42.41.19	- 1,72	54.07,66	28,19	
	G		α Baleine . .	45.05.18	+ 0,71	45.06,19	+ 0,07	56.34,45	28,19	
							Moyenne à 2h.23, dh =		+ 11.28,19	
					(a+C) séc δ					
janv.	G	0	α Bélier . . .	49.37.11	- 0,34	49.36,77		2.01.00.84	+ 11.24.07	
	D		ξ² Baleine . .	10.57.39	- 0 31	10.57.08		22.21.12	24.04	
	G		π Id. . .	27.32,35	- 0.73	27.31,62		38.55,69	24,07	
					(a+C F₁ séc					
	D		Lune	47.17.50	- 0,33	47.17,17	Moyenne à 2h 09, dh =		+ 11 24.06	
					S =	+ 66,81		2.59.47,96	+ 11.23,98	
						48.23,98				
					(a+C) séc δ					
janv.	D	E	α Bélier . . .	49.38.61	+ 0.34	49.38.95	+ 0,33	2.01.00 82	+ 11.21,54	
	D		δ Baleine .	22.31,39	+ 0,31	22.31.70	- 0,03	33.53,21	21,54	
	G	0	π Id. . .	27.38.22	- 0.32	27.37.90	- 2.10	38.55 67	19.87	
	G		41 Bélier. . .	32.10.34	+ 0,37	32.09,97	+ 3,53	43.33,37	19,87	
							Moyenne à 2h.18. dh =		+ 11.20,70	

Station à Mobeka (factorerie belge).

ATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron.	*Observations.*
janv.	D	E	γ Éridan . .	39.28,13	0.0	39.28,13	- 1,17	3.52.56.50	+ 13.29.54	
	G		ε Taureau . .	8.44,56	- 0.42	8.44,14	+ 1.29	4.22.14.97	29,54	
									29.54	
								— C =	- 1,27	
							Moyenne à 3h 54, dh =		- 13.28,17	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. $dh =$ Æ $- (h + Db)$	*Observations.*
Station à Ukatoraka.										
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
30 janv.	D	E	α Baleine . .	40.34.22	- 0,40	40.33,82	- 1,15	2.56.34.28	+ 16.01 61	
	D		δ Bélier . . .	49.33,22	- 0,42	49.32.80	- 12.34	3.05.23,17	2,71	
	D		ε Éridan. . .	11.37,06	- 0,41	11.36,65	+ 8,09	27.47,46	2,72	
	G	0	γ Id. . .	36.43,39	+ 0,41	36.43,80	+ 10,93	52.56,49	1,76	
								Moyenne à 3h.18, dh =	+ 16.02,10	
Station à Umangi (factorerie belge en aval d'Upoto).										
1er fév.	D	E	ξ Taureau . .	1.42.00	- 0,41	1.41,59	- 15,61	3.21.15,19	+ 19.49,21	
	D		ε Éridan. . .	7.33,00	- 0,41	7.32,59	+ 25,67	27.47,43	49.17	
	D		η Taureau . .	22.00,28	- 0,44	21.59,84	- 49,29	40.59,81	49,26	
	G	0	γ¹ Éridan. . .	32.34,89	+ 0,41	32.35,30	+ 34,55	52.56,46	46,61	
	G		γ Taureau . .	54.16,94	- 0,41	54.17,35	- 29,04	4.13.35,20	46,89	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 19.49.17	
								z —	49,23	
								Ouest, z +	46,61	
								z —	46,89	
								Moyenne à 3h.27, dh =	+ 19.47,97	
Station à Bassoko (embouchure de l'Arruwimi).										
					$(a+C)$ séc δ					
9 fév.	D	E	c^2 Éridan . .	42.03,44	+ 0,61	42.04,05	+ 0,42	4.10.15,20	+ 28.10,73	
	D		γ Taureau . .	45.24,28	+ 0,62	45.24,90	- 0,67	13.35,10	10,87	
	G	0	ε Taureau . .	54.04,67	- 0,63	54.04.04	- 0,85	22.14,82	11,63	
	G		53 Éridan . .	4.59,33	- 0,62	4.58,71	+ 0,74	33.11,29	11,84	
								Moyenne à 3h.50, dh =	+ 28.11,27	
					$(a+C)$ F_1 séc δ					
13 fév.	D	E	Lune.	18.10,06	+ 1,10	18.11,16	- 0,18	1.47.15,04	+ 27.56,58	
					S =	+ 67,48				
						19.18,64				
					$(a+C)$ séc δ					
	D		γ Taureau . .	45.38,22	+ 1,09	45.39,31	- 0,40	4.13.35,04	56,13	
	D		ε Id. . .	54.17,89	+ 1,11	54.19,00	- 0,50	22.14,76	56,26	
	D		53 Éridan . .	5.13,50	+ 1,08	5.14 58	+ 0,44	33.11,23	56.21	
	G		π¹ Orion. . .	15.58,33	+ 1,06	15.59.39	- 0,15	43.55,32	56,08	
	G		ε Lièvre . . .	32.53,06	+ 1,14	32.54,20	+ 0,68	5.00.51,03	56,15	
	D	0	β Orion . . .	41.23,08	- 1,06	41.22,02	+ 0,26	9.17 99	55,71	
	D		γ Id. . . .	51.22,28	- 1,06	51.22,22	- 0,14	19.17,16	56,08	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 27.56,18	
								z —	56 16	
								Ouest, z +	55,71	
								z —	56,08	
								Moyenne à 4h.28, dh =	+ 27.56,03	

DATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron. $dh =$ AR $- (h + \mathrm{D}b)$	*Observations.*
4 fév.	G	0	Lune	m s 11.40.83	$(a+C)$ F_1 séc δ - 1.12 S =	m s 11.39.71 + 67.59 12.47,30	s - 0.72	h m s 2.40.41.21	m s + 27.54 63	
					$(a+C)$ séc δ					
			γ Taureau . .	45.42.50	- 1.09	45.41.41	- 0.83	4.13.35.02	54,44	
			ε Id. . .	54.22.50	- 1.11	54.21.39	- 1,05	22.14.75	54,41	
			α Id. . .	1.47.33	- 1.09	1.46.24	- 0.89	29.39.64	54,29	
	D		π^1 Orion. . .	16.02,28	- 1.06	16.01.22	- 0.32	43.55.30	54.40	
			ε Lièvre . . .	32.56,39	- 1,14	32.55.25	+ 1.43	5.00.51.09	54,41	
							Moyenne à $3^h.59$. dh =		+ 27.54 38	
fév.	D	E	β Taureau . .	51.39.75	+ 1.19	51.40.94	- 0.45	5.19.23.99	+ 27.43,50	
	G		Lune . . .	56.23.50	$(a+C)$ F_1 séc δ + 1.20 S =	56.24.70 + 69.22 57.33.92	- 0.39	25.17.24	43 71	
					$(a+C)$ séc δ					
			α Lièvre . .	0.10,26	+ 1,52	0.11,78	+ 0,30	27.55.58	43.50	
			α Orion . . .	21.31.83	+ 1,06	21.32.89	+ 0.09	49.16.33	43.53	
	D		ν Id. . . .	33.36.39	+ 1.09	33.37,48	- 0.21	6.01.21.08	43,81	
			η Gémeaux. .	40.33.50	+ 1,14	40.34 64	- 0.31	08.18.05	43,75	
5 fév.	D	0	ν Orion . . .	33.43 11	- 1.09	33.42,02	- 0.81	6.01.21.07	+ 27.39.86	
			η Gémeaux. .	40.40 39	- 1.14	40.39.52	- 1.32	08.18.04	40.11	
	G		μ Id. . .	48.44.67	- 1.14	48.43.53	- 1,32	16.22.26	40 05	
	D		Lune	52.43.94	$(a+C)$ F_1 séc δ - 1.21 S =	52.42.73 + 69,16 53.51.89	- 1.60	21.30.18	39.89	
					$(a+C)$ séc δ					
	G		γ Gémeaux. .	3.47.64	- 1.10	3.46.54	- 0.92	31.25,20	39,58	
	D		α Chevalet . .	19.21,78	- 2.12	19.19.66	+ 6 34	47.06.11		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
							Moyenne à $5^h.47$. dh =		+ 27.39 90	
fév.	D	E	ε Taureau . .	54.37.89	+ 1.11	54.39 00	- 0 45	4.22.14.67	+ 27.36.42	
			53 Éridan . .	5.53.39	+ 1.08	5.34.47	+ 0.39	33.11.13	36,27	
	G		π^1 Orion. . .	16.18.06	+ 1 06	16.19.12	- 0.14	43.55,23	36 25	
			β Girafe . . .	26.07.33	+ 2.12	26.09 45	- 2.41	53.43.15	36 11	
			ε Lièvre . . .	33.13.06	+ 11 4	33.14.20	+ 0 61	5.00.50,92	36,44	
		0	β Orion . . .	41.42 56	- 1.06	41.41.50	+ 0,23	9.17.90	36,70	
			γ Id. . . .	51.41.00	- 1 06	51.39 94	- 0,12	19.17 08	37,79	
	D		δ Id. . .	58.50,78	- 1.05	58.49,73	+ 0 04	26.26,33	37,09	
							Cercle Est, z +, dh =		+ 27.36,19	
							z —		36 18	
							Ouest, z +		36.89	
							z —		37,79	
							Moyenne à $4^h.32$, dh =		+ 27.36,76	

Dates.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron. $dh =$ AR $- (h + \mathrm{D}b)$	*Observations.*
			Station à Issangi (embouchure du Lomami).		a séc δ					
				m s	s	m	s	h m s	m s	
2 avril.	D	E	α Grand Chien	12.33,72	- 0,42	12.33 30	+ 24 35	6.40.20,32	+ 27.22,67	22,65
	G		ε Id. .	26.14,00	- 0,46	26.13,54	+ 44,17	54.20,35	22,64	
	D		ζ Gémeaux .	30.44,78	- 0,43	30.44,35	- 28,56	57.38,43	22,64	
		0	δ Grand Chien.	35.55,28	+ 0,45	35.55,73	+ 39,65	7.03.57,42	22,04	
	G		δ Gémeaux. .	46.45,72	+ 0,43	46.46,15	- 30,88	13.36,70	21,43	
							Moyenne à 6h.33, dh =		+ 27.22,19	
			Station aux Falls (près du pavillon de la station de l'État, rive droite).		(a+C) séc δ					
5 avril.	D	E	δ Gémeaux. .	43.59,67	+ 0,06	43.59.73	- 71.62	7.13.36,64	+ 30.48,53	
			β Petit Chien.	50.50,44	+ 0 06	50.50,50	- 25,20	21.14,24	48,94	
	G		β Gémeaux. .	9.25,33	+ 0,07	9.25,40	- 95,14	38.38,74	48,48	
			ρ Navire . . .	30.44,03	+ 0,06	30.44,09	+ 81,68	8.02.54,24	48,47	
							Cercle Est, z +, dh =		+ 30 48,65	
							z —		48,47	
							Moyenne à 7h.13, dh =		+ 30.48,56	
					(a + C) séc δ					
7 avril.	D	E	β Petit Chien.	50.32,94	+ 0,06	50.33 00	+ 2,31	7.21.14,21	+ 30.38,90	
			α Id.	2.54,89	+ 0 06	2.54,95	+ 1,43	33.35,68	39,30	
	G		β Gémeaux. .	7.51,00	+ 0,07	7.51.07	+ 8,71	38.30,70	38,92	
			ξ Navire . . .	14.11,39	+ 0 07	14.11,46	- 7,68	44.42 70	38,92	
	D	0	6 Écrevisse. .	26.02,67	- 0 07	26.02 60	+ 8,65	56.49,71	38,46	
	G		ρ Navire . . .	32.24,44	- 0 06	32.24,38	- 7 48	8.02.54,22	37,32	
							Cercle Est, z +, dh =		+ 30.38,92	
							z —		39,04	
							Ouest, z +		37,32	
							z —		38,46	
							Moyenne à 7h.18, dh =		+ 30.38,43	
9 avril.	D	E	α Petit Chien.	3.05,33	+ 0,06	3.05,39	+ 1,58	7.33.35,65	+ 30.28,68	
			β Gémeaux. .	8.01 33	+ 0,07	8.01,40	+ 9,63	38.38,67	27 64	
		0	ρ Navire . .	32.34,33	- 0,06	32.34,27	- 8,26	8.02.54,18	28,17	
	G		β Écrevisse. .	40.05,56	- 0,06	40.05,50	+ 2 89	10.36 35	27,96	
			ε Carène . . .	50.19,72	- 0,12	50.19 60	- 30,61	20.16,95	27,96	
							Moyenne à 0h.00, dh =		+ 30.28,06	
10 avril.	D	E	β Petit Chien.	50.47 39	+ 0 06	50.47,45	+ 2,31	7.21.14,16	+ 30.24,40	24,52
			β Gémeaux. .	8.05,22	+ 0 07	8.05,29	+ 8,71	38.38,65	24 65	
			ξ Navire . . .	14.25 58	+ 0 07	14.25,65	- 7,68	44.42,64	24,67	
		0	6 Écrevisse. .	26.17,11	- 0,07	26.17,04	+ 8,65	56.49,48	23,79	
			ρ Navire . . .	32.38,72	- 0,06	32.38,66	- 7,48	8.02.54,16	22,98	
							Moyenne à 7h.18, dh =		+ 30.23,99	

DATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h = h_1 + a$ séc δ	Db	AR	Corr. du chron. dh = AR − (h + Db)	*Observations.*
			Station à Bassoko.							
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
3 avril.	D	E	δ Hydre . .	8.06,17	+0,06	8.06,23	− 0,05	8.31.53.23	+ 23.47,05	
			ε Id. . . .	17.13.22	+0,06	17.13,28	− 0,04	41.00,46	47.22	
			α Id. . . .	58.27.00	+0,06	58.27,06	+ 0.11	9.22.14,22	47.05	
								Cercle Est, z +, dh =	+ 23.47.13	
								z —	47,05	
								Moyenne à 8h.36, dh =	+ 23.47,09	
			Station à Jambinga.							
avril.	D	E	ρ Navire . . .	43.07.11	+0,07	43.07,16	+ 2,81	8.02.54,08	+ 19.44,11	
			η Écrevisse. .	6.42.28	+0,06	6.42,34	− 1,99	26.24,46	44,11	
								Moyenne à 7h.55, dh =	+ 19.44.11	
			Station à Matadi.							
				11 h.						
er juin.	G	E	ν Hydre . . .	5.50,61	−0,42	5.50,19	− 1,35	10.44.14,90	− 21.33.94	N'intervient pas dans la moyenne de dh.
			α Grde Ourse .	18.20.44	−0.86	18.19,58	+ 15.22	57.00.86		
			δ Lion. . . .	20.50,06	−0,43	29.49,63	+ 3,70	11.08.19,21	34.12	
			δ Coupe . . .	35.29.44	−0.41	35.29,03	− 1,14	13.53,84	34.05	
			ν Lion . . .	52.56,22	−0,40	52.55,82	+ 0,74	31.22,55	34,01	
		0	ζ Coupe . . .	00.51,31	+0,42	00.51,73	− 1.65	39.14,77	35 31	
			β Lion. . . .	5.02,28	+0,41	5.02.69	+ 2 83	43.30,61	34,91	
			ο Vierge. . .	21.12,72	+0,41	21.13,13	+ 2,02	59.40.16	34,99	
			ε Corbeau . .	26.08,83	+0,43	26.09,26	− 2,29	12.04.31,80	35,17	
								Cercle Est, z +, dh =	− 21.34.00	
								z —	34,06	
								Ouest, z +	35,24	
								z —	34,95	
								Moyenne à 11h.52, dh =	− 21.34,56	
			Station à Boma.							
juin.	G	E	ν Lion. . .	55.53.22	−0.40	55.52.82	+ 0,68	11.31.22,42	− 24.31,08	
			ζ Coupe . . .	3.47,44	−0.42	3.47.02	− 1.50	39.14,63	30,89	
			β Lion. . . .	7.59,19	−0,41	7.58,78	+ 2,59	43.30,48	30,89	
		0	ο Vierge . . .	24.09.00	+0,41	24.09,41	+ 1,85	59.40,04	31.22	
			ε Corbeau . .	29.05,03	+0,43	29.05,46	− 2,08	12.04.31,66	31,72	
								Cercle Est, z +, dh =	− 24.30.89	
								z —	30.98	
								Ouest, z +	31,72	
								z —	31,22	
								Moyenne à 12h.15, dh =	− 24.31,20	

DATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. dh = Æ — $(h+\mathrm{D}b)$	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
18 juin.	G	E	β Lion. . . .	8.22 41	- 0,41	8.22,00	+ 2,97	11.43.30,44	- 24.54,13	
			o Vierge .	24.32.50	- 0,41	24.32 09	+ 2,12	59.40,00	54,21	
			ε Corbeau . .	29.28,97	- 0,43	29.28,54	- 2,40	12.04.31 61	54,53	
		0	η Vierge. . .	39.15,64	+ 0,40	39.16,04	+ 0,81	14.20,33	56,52	
			δ Corbeau . .	49.11.42	+ 0,42	49.11,84	- 1,45	24.14,33	56,06	
			23 Chevelure.	54.18,14	+ 0.44	54.18,58	+ 4,23	29.26.43	56,38	
								Cercle Est, z +, dh =	- 24.54,53	
								z —	54,17	
								Ouest, z +	56,06	
								z —	56,45	
								Moyenne à 12h.35, dh =	- 24.55,30	
			Station à Banana.							
24 juin.	G	E	δ Corbeau . .	52.25,33	- 0,42	52.24,91	- 4,68	12.24.14,27	- 28.05,96	
			23 Chevelure.	57.18,86	- 0,44	57.18,42	+ 13,91	29.26,37	5,96	
		0	β Id. . .	34.39,64	+ 0.45	34.40,09	+ 16,84	13.06.48,25	8,68	
			61 Vierge . .	40.56,72	+ 0,42	40.57,14	- 5,57	12.43,06	8,51	
			α Id. . .	47.38,00	+ 0,41	47.38,41	- 2.13	19.27,90	8,38	
			ζ Id. . .	57.14,65	+ 0,40	57.15,05	+ 2,66	29.09,31	8,40	
								Cercle Est, z +, dh =	- 28.05,96	
								z —	5,96	
								Ouest, z +	8,44	
								z —	8,54	
								Moyenne à 13h.20, dh =	- 28.07,23	
28 juin.	G	E	δ Corbeau . .	52.44,11	- 0,42	52.43,69	+ 0,54	12.24.14.23	- 28.30 00	
			β Id. . .	57.10,00	- 0.43	57.09,57	+ 0,94	28.40,06	30,45	
			γ¹ Vierge. . .	4.39,69	- 0,40	4.39 29	- 0,27	36.08,89	30,13	
			β Croix . . .	9.48,42	- 0,78	9.47,64	- 4,65	41.22,11		N'intervient pas dans la moyenne de dh.
			δ Vierge. . .	18.38,67	- 0.40	18.38,27	- 0,52	50.07 51	30,24	
		0	61 Id. . .	41.12,86	+ 0,42	41.13,28	+ 0,64	13.12.43 02	30,90	
			α Id. . .	47.58,58	+ 0,41	47.58,99	+ 0,24	19.27 87	31,36	
			ζ Vierge. . .	57.40,67	+ 0,40	57.41,07	- 0,31	29.09,28	31,48	
								Cercle Est, z +, dh =	- 28.30,22	
								z —	30,18	
								Ouest, z +	31,13	
								z —	31,48	
								Moyenne à 13h.27, dh =	- 28.30,75	

DATES.	Observateur.	Cercle.	Étoiles.	Moyenne des fils h_1	a séc δ	$h=h_1+a$ séc δ	Db	Æ	Corr. du chron. dh = Æ − h + Db	*Observations.*
				m s	s	m s	s	h m s	m s	
uillet.	G	E	β Croix . . .	10.24,06	−0.78	10.23,28	+ 3.71	12.41.21,93	−29.05.06	N'intervient pas dans la moyenne de *dh*.
			δ Vierge . . .	19.13,19	−0.40	19.12.79	− 0.41	50.07.45	4.93	
			θ Id. . . .	33.24.72	−0.40	33.24.32	− 0.04	13.04.19.10	5.18	
			61 Id. . . .	41.48.06	−0.42	41.47.64	+ 0.51	12.42.96	5.19	
			α Id. . . .	48.33,19	−0.41	48.32.78	+ 0,19	19.27.81	5,16	
		O	ζ Vierge . . .	58.14.61	+0,40	58.15.01	− 0.31	29.09.32	5.38	
			m Id. . . .	4.59.92	+0.40	5.00.32	+ 0.09	35.54,34	6.07	
			τ Id. . . .	25.12,56	+0,40	25.12.96	− 0,34	56.06,97	5.65	
			κ Id. . . .	36.11,67	+0,41	36.12.08	+ 0.16	14.07.06,02	6.22	

Cercle Est. δ +. *dh* —	−29.05.06
δ —	5.17
Ouest. δ —	5.52
δ +	6.14
Moyenne à 13h.56. *dh* =	−29.05,47

Comparaison des chronomètres.

DATES.	Chron. 694	Chron. 695	DATES.	Chron. 694	Chron. 695
	h m s	h m s		h m s	h m s
19 août 1890. .	14.55.50,5	15.19.40,0	25 déc. 1890 . .	24.09.48,5	24.41.35,0
22 id. . .	17.06.00,0	17.30.03,5	29 id. . .	23.35.51,0	24.07.50,0
24 id. . .	17.53.07,0	18.17.20,0	3 janv. 1891. .	23.24.16,0	23.56.30,0
31 id. . .	16.30.23,0	16.55.05,0	4 id. . .	1.41.17,5	2.13.35,0
6 sept. 1890. .	18.24.39,0	18.49.45,0	5 id. . .	1.28.29,5	2.00.50,0
8 id. . .	16.30.25,5	16.55.40,0	6 id. . .	3.03.51,5	3.36.15,0
10 id. . .	18.01.17,0	18.26.40,0	11 id. . .	23.27.17,0	23.59.55,0
11 id. . .	16.50.33,0	17.16.00,0	12 id. . .	23.48.44,0	0.21.25,0
13 id. . .	17.55.09,5	18.20.45,0	15 id. . .	23.21.55,0	23.54.45,0
14 id. . .	16.50.21,0	17.16.00,0	18 id. . .	2.54.02,0	3.27.00,0
16 id. . .	19.18.33,0	19.44.20,0	19 id. . .	0.29.18,0	1.02.20,0
21 id. . .	17.22.45,0	17.48.50,0	29 id. . .	1.02.28,5	1.36.00,0
22 id. . .	19.40.51,0	20.07.00,0	30 id. . .	0.30.46,0	1.04.20,0
27 id. . .	18.17.37,5	18.37.05,0	1 févr. 1891. .	22.03.50,5	22.37.30,0
28 id. . .	19.40.48,5	20.07.20,0	9 id. . .	1.33.27,0	2.07.30,0
8 oct. 1890. .	21.43.12,0	22.10.20,0	13 id. . .	19.48.30,5	19.52.45,0
10 id. . .	18.33.50,0	19.01.04,5	17 id. . .	2.13.23,0	2.47.50,0
12 id. . .	19.54.41,5	20.22.05,0	18 id. . .	2.05.05,0	2.39.35,0
16 id. . .	19.01.15,5	19.28.55,0	19 id. . .	1.27.32,0	2.02.05,0
18 id. . .	20.14.11,5	20.42.00,0	16 mars 1891. .	2.52.17,5	3.28.05,0
20 id. . .	20.01.23,0	20.29.20,0	2 avril 1891. .	4.16.56,0	4.53.40,0
21 id. . .	18.49.29,0	19.18.00,0	5 id. . .	7.45.04,0	8.22.00,0
22 id. . .	19.40.34,5	20.08.40,0	7 id. . .	9.10.44,0	9.47.45,0
23 id. . .	19.09.00,5	19.37.10,0	9 id. . .	7.25.56,5	8.03.05,0
24 id. . .	24.09.45,5	24.38.00,0	10 id. . .	5.59.09,5	6.36.20,0
4 nov. 1890. .	20.04.40,5	20.33.35,0	13 id. . .	6.14.09,5	6.51.30,0
30 id. . .	20.10.58,5	20.41.25,0	14 id. . .	5.22.00,5	5.59.25,0
2 déc. 1890. .	10.45.48,5	11.16.20,0	1 juin 1891. .	10.29.38,0	11.10.35,0
4 id. . .	20.19.55,5	20.50.35,0	14 id. . .	10.26.17,5	11.08.20,0
5 id. . .	19.54.22,0	20.25.05,0	18 id. . .	12.14.56,5	12.57.20,0
10 id. . .	24.27.40,0	24.58.40,0	24 id. . .	10.17.40,5	11.00.35,0
13 id. . .	24.03.55,5	24.35.05,0	28 id. . .	11.38.13,5	12.21.30,0
22 id. . .	22.05.08,0	22.36.45,0	4 juillet 1891. .	10.58.47,0	11.42.35,0

22 août. **Matadi.**

Ascension droite de la Lune au méridien de 23h. . . .	$15^h07^m33^s51$
Correction Newcomb	— 1,15
Ascension droite corrigée. . .	15.07.32,36
Id. observée . .	15.08.05,58
Différence.	33,22

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . . $2^s,1811$

$$\frac{33,22}{2,1811} = 15^m,2308$$

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . .	2^s1811
Id. id. 24 . . .	2,1877
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0066

$$\frac{0,0066}{60} \times \frac{15.2308}{2} = +\ 0,0008$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $23^h,15 = 2^s,1819$

Donc longitude cherchée $= 23^h + 1^m \times \dfrac{33,22}{2,1819} = 23^h.15^m.13^s,52$

---

24 août.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23h. . . .	$17^h00^m44^s09$
Correction Newcomb	— 1,32
Ascension droite corrigée. . .	17.00.42,77
Id. observée . .	17.01.21,86
Différence	39,09

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . . $2^s,5454$

$$\frac{39,09}{2,5454} = 15,3571$$

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 23^h		. . .	$2^s 5454$
Id.	id.	24 . . .	2,5532
Différence		. . . .	0,0078

$$\frac{0,0078}{60} \times \frac{15.3571}{2} = +\ 0,0010$$

D'où variation pour 1^m de longitude $= 2^s,5464$

Donc longitude cherchée $= 23^h + 1^m \times \dfrac{39,09}{2,5464} = 23^h.15^m.21^s,06$

Moyenne des deux valeurs : $23^h.15.17,29$ ou $44^m.42^s,71$ à l'Est de Paris

longitude Est Paris	11°.10′.40″,65
Paris-Greenwich	+ 2°.20′.14″,40
Matadi, longitude Est Greenwich	13°.30′.55″

Éléments du calcul des longitudes entre Matadi et Lukungu.

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 19 août à 20^h. . . .	—	$5^m 22^s 76$
Id. le 31 août id.		5.41,70
dh par jour	—	1,578
dh par heure	—	0,0658
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 19 août à 20^h. . . .	+	$18^m 27^s 63$
Id. le 31 août id.		19.00,90
dh par jour	+	2,7723
dh par heure	+	0,1155

---

6 septembre. **Station de la N' Séké.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	—	$5^m 41^s 70$
Id. le 6 sept. id.		5.51,17
dh à N'Séké le 6 sept. id.		5.21,91
Différence de longitude. . .		29,26
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	+	$19^m 00^s 90$
Id. le 6 sept. id.		19.17,53
dh à N'Séké le 6 sept. id.		19.44,34
Différence de longitude. . .		26,81

Moyenne des deux chronomètres. .	$28^s,03$ = 7′.00″,45
Longitude Matadi.	13°.30′.55″
Longitude du camp de la N' Séké. .	13°.37′.55″

8 septembre. **Station de la Bembizi.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h . . .	— 5^m41^s70
Id. le 8 sept. id. . . .	5.54,32
dh à Bembizi le 8 sept. id. . . .	5.02,05
Différence de longitude. . .	52,27
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h . . .	+ 19^m00^s90
Id. le 8 sept. id. . . .	19.23,08
dh à Bembizi le 8 sept. id. . . .	20.13,04
Différence de longitude. . .	49,96

Moyenne des deux chronomètres . . $51^s,12 = 12'.46'',8$
Longitude Matadi . . . . $13^o.30'.55''$
Longitude de la Bembizi . . . . $13^o.43'.42''$

---

10 septembre. **Station de N' Dembole.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	— 5^m41^s70
Id. le 10 sept. id.	5.57,48
dh à N' Dembole le 10 sept. à 20^h . .	4.47,37
Différence de longitude. . .	1.10,11
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	+ 19^m00^s90
Id. le 10 sept. id.	19.28,62
dh à N' Dembole le 10 sept. à 20^h . .	20.35,96
Différence de longitude. . .	1.07,34

Moyenne des deux chronomètres : $1^m.08^s,72 = 17'.10'',80$
Longitude Matadi. . . . . . $13^o.30'.55''$
Longitude de N' Dembole . . . $13^o.48'.06''$

---

11 septembre. **Station de N' Tombo Lakuti.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	— 5^m41^s70
Id. le 11 sept. id.	5.59,06
dh à N' Tombo Lakuti le 11 sept. à 20^h.	4.30,52
Différence de longitude. . .	1.28,54
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20^h. . . .	+ 19^m00^s90
Id. le 11 sept. id.	19.31,40
dh à N' Tombo Lakuti le 11 sept. à 20^h.	20.57,03
Différence de longitude. . .	1.25,63

Moyenne des deux chronomètres : $1^m.27^s,08 = 21'.46'',20$
Longitude Matadi . . . . . . $13^o.30'.55''$
Longitude de N' Tombo Lakuti. . $13^o.52'.41''$

13 septembre. **Station de N' Sékélolo.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . . .	— 5m41s70
Id. le 13 sept. id.	. . . .	6.02,21
dh à N'Sékélolo le 13 sept. à 20h	. .	4.06,66
Différence de longitude	. .	1.55,55
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . . .	+ 19m00s90
Id. le 13 sept. id.	. . . .	19.36,94
dh à N'Sékélolo le 13 sept. à 20h	. . .	21.29,30
Différence de longitude	. .	1.52,36

Moyenne des deux chronomètres : 1m.53s,95 = 28′.29″,25
Longitude Matadi . . . . . . 13°.30′.55″

Longitude de N'Sékélolo . . . 13°.59′.24″

---

14 septembre. **Station du Kwilu.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . . .	— 5m41s70
Id. le 14 sept. id.	. . . .	6.03,79
dh au Kwilu le 14 sept. id.	. . . .	3.53,23
Différence de longitude	. .	2.10,56
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . . .	+ 19m00s90
Id. le 14 sept. id.	. . . .	19.39,71
dh au Kwilu le 14 sept. id.	. . . .	21.46,20
Différence de longitude	. .	2.06,49

Moyenne des deux chronomètres : 2m.08s,52 = 32′.07″,80
Longitude Matadi . . . . . . 13°.30′.55″

Longitude de la station du Kwilu. 14°.03′.03″

---

16 septembre. **Station de N' Gumi.**

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . .	— 5m41s70
Id. le 16 sept. id.	. . .	6.06,95
dh à N'Gumi le 16 sept. id.	. . .	2.47,11
Différence de longitude	. .	2.19,84
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h	. . .	+ 19m00s90
Id. le 16 sept. id.	. . .	19.45,26
dh à N'Gumi le 16 sept. id.	. . .	21.59,98
Différence de longitude	. .	2.14,72

Moyenne des deux chronomètres : 2m.17s,28 = 34′.19″,20
Longitude Matadi . . . . . . 13°.30′.55″

Longitude de N'Gumi . . . . 14°.05′.14″

21-22 septembre. **Station de Lukungu.**

Chronomètre 695 :

dh déterminé à Matadi par les observations du 19 et du 31 août.	— 1s578
Id. à Lukungu id. du 21 et du 22 sept.	— 0,826

Chronomètre 694 :

dh déterminé à Matadi par les observations du 19 et du 31 août.	+ 2s7723
Id. à Lukungu id. du 21 et du 22 sept.	+ 2,9407

Donnons un poids 2 aux *dh* de Matadi et un poids 1 aux *dh* de Lukungu, ces derniers étant moins sûrs que les premiers à cause de l'intervalle d'un jour seulement qui sépare les deux observations d'heure; nous obtenons pour moyennes :

Chronomètre 695 :	*dh* par jour	— 1s,3273
	dh par heure	— 0,0553
Chronomètre 694 :	*dh* par jour	+ 2,8284
	dh par heure	+ 0,1178

Calculons maintenant avec ces *dh*, la différence de longitude entre Matadi et Lukungu :

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h.	— 5m41s70
Id. le 21 sept. id.	6.09,57
dh à Lukungu le 21 sept. id.	3.04,56
Différence de longitude	3.05,01
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 31 août à 20h.	+ 19.00,90
Id. le 21 sept. id.	20.00,30
dh à Lukungu le 21 sept. id.	23.00,84
Différence de longitude	3.00,54

Moyenne des deux chronomètres : 3m.02s,77 = 45′.41″,55

Longitude Matadi	13°.30′.55″
Longitude Lukungu	14°.16′.37″

20 octobre. Cercle Est. **Station de Léopoldville.**

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$19^h28^m45^s08$
Correction Newcomb	— 1,44
Ascension droite corrigée . . .	19.28.43,64
Id. observée. . .	19.29.05,51
Différence.	+ 21,87

Variation pour 1^m de longitude à 23^h. . . . $2^s,6660$

$$\frac{21,87}{2,666} = 8^m.2023$$

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . .	2^s6660
Id. id. 24 . . .	2,6653
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0007

$$\frac{0,0007}{60} \times \frac{8,2033}{2} = 0,000048 = 0$$

La variation pour 1^m de longitude reste donc $2^s,6660$

Longitude cherchée = $23^h + 8^m.2033 = 23^h.08^m.12^s,20$

---

21 octobre. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$20^h32^m16^s12$
Correction Newcomb	— 1,41
Ascension droite corrigée. . .	20.32.14,71
Id. observée . .	20.32.35,87
Différence.	21,16

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . .	2^s6161
Id. id. 24 . . .	2,6127
Différence $\Delta^2 u_0$	0.0034

Interpolation : $\frac{0,0034}{60} \times \frac{8}{2} = 0,0002$

Variation pour 1^m de longitude = 2,6159

Longitude cherchée = $23^h + 1^m \times \frac{21,16}{2,6159} = 23^h.08^m.05^s,35$

22 octobre. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23h. . . .	21h33m55s54
Correction Newcomb	— 1,36
Ascension droite corrigée. . .	21.33.54,18
Id. observée . .	21.34.14,44
Différence.	20,26

Variation pour 1m de longitude à 23h . . .	2s5168
Id. id. 24 . . .	2,5121
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0047

Interpolation : $\frac{0,0047}{60} \times \frac{8}{2} = 0,0003$

Variation pour 1m de longitude = 2,5165

Longitude cherchée $= 23^h + 1^m \times \frac{20,26}{2,5165} = 23^h.08^m.03^s,06$

---

23 octobre. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23h. . . .	22h32m58s15
Correction Newcomb	— 1,30
Ascension droite corrigée. . .	22.32.56,85
Id. observée. . .	22.33.16,22
Différence.	19,37

Variation pour 1m de longitude à 23h . . .	2s4043
Id. id. 24 . . .	2,3998
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0045

Interpolation : $\frac{0,0045}{60} \times \frac{8}{2} = 0,0003$

Variation pour 1m de longitude à 23h.08 = 2s,4040

Longitude cherchée $= 23^h + 1^m \times \frac{19,37}{2,4040} = 23^h.08^m.03^s,45$

24 octobre. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$23^h29^m28^s26$
Correction Newcomb	— 1,24
Ascension droite corrigée. . .	23.29.27,02
Id. observée . .	23.29.45,38
Différence.	18,36

Variation pour 1^m de longitude à 23^h . . .	2^s3090
Id. id. 24 . . .	2,3057
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0033

Interpolation : $\frac{0,0033}{60} \times \frac{8}{2} = 0,0002$

Variation pour 1^m de longitude à $23^h.08 = 2^s,3088$

Longitude cherchée $= 23^h + 1^m \times \frac{18,36}{2,3088} = 23^h.07^m.53^s,13$

Moyenne des cinq valeurs $= 23^h.08^m.04^s,24$ ou $51^m.55^s,76$ à l'Est de Paris.

Longitude Est Paris.	12°58′56″40
Paris-Greenwich	2.20.14,40
Léopoldville longitude Est Greenwich .	15.19.11,00

Éléments du calcul des longitudes entre Lukungu et Léopoldville.

Chronomètre 695 :	*dh* à Léopoldville le 16 octobre à 20^h. . . .	$+ 0^m01^s06$
	Différence longitude Léopoldville-Lukungu. .	— 4.10,28
	D'où *dh* à Lukungu le 16 octobre à 20^h . . .	— 4.09,22
	dh observé à Lukungu le 22 septembre à 20^h .	— 3.05,42
	Différence pour 24 jours.	— 63,80

dh par jour = — 2^s6583

dh par heure — 0,1108

Chronomètre 694 :	*dh* à Léopoldville le 16 octobre à 20^h. . . .	$+ 27^m40^s70$
	Différence longitude Léopoldville-Lukungu. .	— 4.10,28
	D'où *dh* à Lukungu le 16 octobre à 20^h . . .	+ 23.30,42
	dh observé à Lukungu le 22 septembre à 20^h .	+ 23.03,61
	Différence pour 24 jours	+ 26,81

dh par jour = + 1^s1171

dh par heure + 0,0465

27 septembre. **Station de la M' Pioka.**

Chronomètre 695 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	— 3ᵐ05ˢ42
Id. le 27 id.	. .	— 3.18,71
dh à la M' Pioka le 27 id.	. .	— 2.33,75
Différence de longitude.		44,96
Chronomètre 694 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	+ 23ᵐ03ˢ61
Id. le 27 id.	. .	+ 23.09,20
dh à la M' Pioka le 27 id.	. .	+ 23.53,83
Différence de longitude		44,63

Moyenne de deux chronomètres . 44ˢ,795 = 11'.11 ',92
Longitude Lukungu . . . . . 14°.16'.36",55

Longitude de la M' Pioka. . . . 14°.27'.48"

---

28 septembre. **Station de Kinsinga.**

Chronomètre 695 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	— 3ᵐ05ˢ42
Id. le 28 id.	. .	— 3.21,37
dh à Kinsinga le 28 id.	. .	— 2.13,80
Différence de longitude		1.07,57
Chronomètre 694 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	+ 23.03,61
Id. le 28 id.	. .	+ 23.10,31
dh à Kinsinga le 28 id.	. .	+ 24.17,70
Différence de longitude.		1.07,29

Moyenne des deux chronomètres. 1ᵐ.07ˢ,48 = 16'.52",20
Longitude Lukungu . . . . . 14°.16'.36",55

Longitude Kinsinga . . . . . 14°.33'.29"

---

8 octobre. **Station de Kintombi.**

Chronomètre 695 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	— 3ᵐ05ˢ42
Id. le 8 octobre id.	. .	— 3.47,95
dh à Kintombi le 8 id. id.	. .	— 0.42,72
Différence de longitude.		— 3.05,23
Chronomètre 694 : *dh* à Lukungu le 22 septembre à 20ʰ	. .	+ 23.03,61
Id. le 8 octobre id.	. .	+ 23.21,48
dh à Kintombi le 8 id. id.	. .	+ 26.24,96
Différence de longitude.		3.03,48

Moyenne des deux chronomètres. 3ᵐ.04ˢ.35 = 46'.05",25
Longitude Lukungu . . . . . 14°.16'.36",55

Longitude Kintombi. . . . . 15°.02'.42"

10 octobre. **Station de M' Fumu M' Bé.**

Chronomètre 695 :	*dh* à Lukungu	le 22 septembre à 20^{h}.	—	$3^{m}05^{s}42$
	Id.	le 10 octobre id. .	—	3.53,27
	dh à M' Fumu M' Bé le 10	id. id. .	—	0.20,75
	Différence de longitude.			3.32,52
Chronomètre 694 :	*dh* à Lukungu	le 22 septembre à 20^{h}.	+	23.03,61
	Id.	le 10 octobre id. .	+	23.23,72
	dh à M' Fumu M' Bé le 10	id. id. .	+	26.53,88
	Différence de longitude.			3.30,16

Moyenne des deux chronomètres. $3^{m}.31^{s},34 = 52'.50'',10$
Longitude Lukungu . . . . . 14°.16'.36'',55
Longitude M' Fumu M' Bé. . . 15°.09'.27''

---

12 octobre. **Station de Sélembâo.**

Chronomètre 695 :	*dh* à Lukungu	le 22 septembre à 20^{h} . .	—	$3^{m}05^{s}42$
	Id.	le 12 octobre id. . .	—	3.58,59
	dh à Sélembâo le 12	id. id. . .	—	0.12,30
	Différence de longitude.		—	3.46,29
Chronomètre 694 :	*dh* à Lukungu	le 22 septembre à 20^{h} . .	+	23.03,61
	Id.	le 12 octobre id. . .	+	23.25,95
	dh à Sélembâo le 12	id. id. . .	+	27.11,16
	Différence de longitude.			3.45,21

Moyenne des deux chronomètres. $3^{m}.45^{s},75 = 56'.26'',25$
Longitude Lukungu . . . . . 14°.16'.36'',55
Longitude Sélembâo. . . . . 15°.13'.03''

Voyage de Léopoldville à Berghe-Sainte-Marie et retour.

Éléments de calcul des longitudes.

Chronomètre 695 :	*dh* à Léopoldville le	4 novembre à 24^{h}. .	—	$0^{m}40^{s}40$
	Id. le	10 décembre id. . .	—	2.08,58
	Différence pour 36 jours		—	1.28,18

dh par jour — $2^{s}4495$
dh par heure — 0,1021

Chronomètre 694 :	*dh* à Léopoldville le	4 novembre à 24^{h} .	+	$28^{m}14^{s}63$
	Id. le	10 décembre id. .	+	28.51,29
	Différence pour 36 jours		+	36,66

dh par jour + $1^{s}0183$
dh par heure + 0,0424

30 novembre.

Station sur la rive droite du Congo (entre Lisha et M'Suata).

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 24h	. .	— 2m08s58
Id. le 30 novembre id.	. .	— 1.44,09
dh rive droite du Congo le 30 nov. id.	. .	+ 1.26,50
Différence de longitude	. . . .	3.10,59
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 24h	. .	+ 28.51,29
Id. le 30 novembre id.	. .	+ 28.41,11
dh rive droite du Congo le 30 nov. id.	. .	+ 31.53,50
Différence de longitude	. . . .	3.12,39

Moyenne des deux chronomètres. 3m.11s,49 = 47'.52",35
Longitude Léopoldville. . . . 15°.19'.10",80
Longitude cherchée . . . . . 16°.07'.03"

1er décembre. **Station de M'Suata.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville le 30 novembre à 24h	. .	— 1m44s09
Id. le 1er décembre id.	. .	— 1.46,54
dh à M'Suata id. id.	. .	+ 1.58,74
Différence de longitude	. . . .	3.45,28
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville le 30 novembre à 24h	. .	+ 28.41,11
Id. le 1er décembre id.	. .	+ 28.42,13
dh à M'Suata id. id.	. .	+ 32.28,64
Différence de longitude	. . . .	3.46,51

Moyenne des deux chronomètres. 3m.45s,895 = 56'.28",42
Longitude Léopoldville . . . 15°.19'.10",80
Longitude cherchée. . . . . 16°.15'.39"

---

4 décembre. **Station de Berghe Sainte-Marie.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 24h	. .	— 2m08s58
Id. le 4 décembre id.	. .	— 1.53,88
dh à Berghe Ste-Marie le 4 déc. id.	. .	+ 1.50,87
Différence de longitude	. . . .	3.44,75
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 24h	. .	+ 28m51s29
Id. le 4 décembre id.	. .	+ 28.45,18
dh à Berghe Ste-Marie le 4 déc. id.	. .	+ 32.30,85
Différence de longitude	. . . .	3.45,67

Moyenne des deux chronomètres . 3m.45s,21 = 56'.18",15
Longitude Léopoldville. . . . 15°.19'.10",80
Longitude Berghe Sainte-Marie . 16°.15'.29"

5 décembre. **Station de Lisha.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 20^h . .	—	2^m08^s58
Id. le 5 décembre id. . .	—	1.56,33
dh à Lisha id. id. . .	+	0.46,00
Différence de longitude		2.42,33
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville le 10 décembre à 20^h . .	+	28.51,29
Id. le 5 décembre id. . .	+	28.46,20
dh à Lisha id. id. . .	+	31.29,64
Différence de longitude		2.43,44

Moyenne des deux chronomètres.	$2^m.42^s,88 = 40'.43'',20$
Longitude Léopoldville. . . .	15°.19′.10″,80
Longitude Lisha	15°.59′.54″

Voyage de Léopoldville à Nouvelle Anvers (Bangalas).

Éléments de calcul des longitudes

Chronomètre 695 : *dh* par jour du 4 novembre au 10 décembre . .	—	2^s4495
dh par jour du 10 au 13 décembre.	—	2,3900
D'où *dh* moyen par jour à Léopoldville.	—	2,4197
dh par jour à Nouvelle Anvers du 4 au 12 janvier.	—	2,9975
dh moyen par jour du 13 décembre au 4 janvier .	—	2,7086
dh par heure	—	0,1129
Chronomètre 694 : *dh* par jour du 4 novembre au 10 décembre . .	+	1,0183
dh par jour du 10 au 13 décembre.	+	0,7867
D'où *dh* moyen par jour à Léopoldville	+	0,9025
dh par jour à Nouvelle Anvers du 4 au 12 janvier.	—	0,0275
dh moyen par jour du 13 décembre au 4 janvier .	+	0,4375
dh par heure	+	0,0182

---

22 décembre. **Station sur l'île des Hippopotames.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville le 13 décembre à 24^h . .	—	2^m15^s76
Id. le 22 décembre id. . .	—	2.40,14
dh à l'île des Hippopot. le 22 déc. id. . .	+	1.04,96
Différence de longitude		3.45,10
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville le 13 décembre à 24^h . .	+	28.53,67
Id. le 22 décembre id. . .	+	28.57,61
dh à l'île des Hippopot. le 22 déc. id. . .	+	32.42,15
Différence de longitude		3.44,54

Moyenne des deux chronomètres. . . .	$3^m.44^s,82 = 56'.12'',30$
Longitude Léopoldville.	15°.19′.10″,80
Longitude de l'île des Hippopotames	16°.15′.23″,10
Correction due aux observations de Nouvelle Anvers.	— 5″,10
Longitude cherchée	16°.15′.18″,00

25 décembre. **Station de Lukolela.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	—	2^m15^s76
Id.	le 25	id.	id.	—	2.48,26
dh à Lukolela	le 25	id.	id.	+	4.41,45
Différence de longitude					7.29,71
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	+	28^m53^s67
Id.	le 25	id.	id.	+	28.58,92
dh à Lukolela	le 25	id.	id.	+	36.27,87
Différence de longitude					7.28,95

Moyenne des deux chronomètres . . . $7^m.29^s,33$ =	$1^o.52'.19'',95$
Longitude Léopoldville	$15^o.19'.10'',80$
	$17^o.11'.30'',75$
Correction due aux observations de Nouvelle Anvers.	— 5'',10
Longitude Lukolela	$17^o.11'.26''$

---

29 décembre. **Station de Lulanga.**

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	—	2^m15^s76
Id.	le 29	id.	id.	—	2.59,10
dh à Lulanga	le 29	id.	id.	+	8.51,52
Différence de longitude					11.50,62
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	+	28^m53^s67
Id.	le 29	id.	id.	+	29.00,67
dh à Lulanga	le 29	id.	id.	+	40.50,51
Différence de longitude					11.49,84

Moyenne des deux chronomètres . . . $11^m.50^s,23$ =	$2^o.57'.33'',45$
Longitude de Léopoldville	$15^o.19'.10'',80$
	$18^o.16'.44'',25$
Correction due aux observations de Nouvelle Anvers.	— 5'',10
Longitude Lulanga	$18^o.16'.39''$

Nouvelle Anvers.

Chronomètre 695 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	—	2^m15^s76
Id.	le 4	janvier	id.	—	3.15,35
dh à Nouv. Anvers	le 4	id.	id.	+	12.06,09
Différence de longitude					15.21,44
Chronomètre 694 : *dh* à Léopoldville	le 13	décembre	à 24^h	+	28^m53^s67
Id.	le 4	janvier	id.	+	29.03,29
dh à Nouv. Anvers	le 4	id.	id.	+	44.23,31
Différence de longitude					15.20,02

Moyenne des deux chronomètres.	$15^m.20^s,73 = 3^o.50'.10'',95$
Longitude Léopoldville. . . .	$15^o.19'.10'',80$
Longitude Nouvelle Anvers . .	$19^o.09'.21'',75$

---

15 janvier 1891. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h	$0^h23^m54^s74$
Correction Newcomb.	— 1,20
Ascension droite corrigée . . .	0.23.53,54
Id. observée . . .	0.23.37,72
Différence	— 15,82

Variation pour 1^m de longitude à 23^h. . . $2^s,2178$

$$\frac{15,82}{2,2178} = 7^m.133$$

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22 . . .	2^s2213
Id. id. 23 . . .	2,2178
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0035

$$\frac{0,0035}{60} \times \frac{7,133}{2} = 0,0002$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $22^h.53 = 2^s,2180$

$$\text{Longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{15,82}{2,2180} = 22^h.52^m.52^s,04$$

---

16 janvier. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$1^h16^m21^s49$
Correction Newcomb	— 1,18
Ascension droite corrigée . . .	1.16.20,31
Id. observée . . .	1.16.04,67
Différence	— 15,64

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h . . .	2^s1627
Id. id. 23 . . .	2,1614
Différence $\Delta^2 u_0$	= 0,0013

$$\frac{0,0013}{60} \times \frac{7,13}{2} = 0,0001$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $22^h.53 = 2^s,1615$

$$\text{Longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{15,64}{2,1615} = 22^h.52^m.45^s,85$$

17 janvier. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$2^h08^m03^s40$
Correction Newcomb	— 1,18
Ascension droite corrigée . . .	2.08.02,22
Id. observée . . .	2.07.46,54
Différence	— 15,68

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h. . . .	2^s1538
Id. id. 23	2,1544
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0006

$$\frac{0,0006}{60} \times \frac{7,13}{2} = 0$$

Variation pour 1^m de longitude à $22^h.53 = 2^s,1544$

$$\text{Longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{15,68}{2,1544} = 22^h.52^m.43^s,31$$

---

18 janvier. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h	$3^h00^m05^s31$
Correction Newcomb	— 1,20
Ascension droite corrigée . . .	3.00.04,11
Id. observée . . .	2.59.47,96
Différence	— 16,15

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h . . .	2^s1852
Id. id. 23 . . .	2,1871
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0019

$$\frac{0,0019}{60} \times \frac{7,13}{2} = 0,0001$$

Variation pour 1^m de longitude à $22^h.53 = 2^s,1870$

$$\text{Longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{16,15}{2,1870} = 22^h.52^m.36^s,93$$

Moyenne des quatre valeurs obtenues par les observations de la Lune :

$22^h.52^m\,44^s,53 = \ 1^h.07^m,15^s,47$ à l'Est de Paris

$1^h.07^m.15^s,47 = 16^\circ.48'.52'',05$

Paris-Greenwich + $2^\circ.20'.14'',40$

Longitude Est Greenwich : $19^\circ.09'.06'',45$

Les observations de la Lune donnent	$19^\circ\,09'.06'',45$
Le transport des chronomètres donne.	$19^\circ.09'.21'',75$

Nous donnerons un poids 2 au résultat fourni par l'observation de la Lune et un poids 1 au résultat que donnent les chronomètres. Nous trouvons ainsi pour résultat définitif :

Longitude Nouvelle Anvers, Est Greenwich = 19°.09'.11",55

REMARQUE.

Le transport des chronomètres a donné longitude Nouvelle Anvers =	19°.09'.21",75
Nous trouvons pour longitude définitive Nouvelle Anvers . . .	19°.09'.16",55
Différence. . . .	— 10",20

Nous corrigeons donc les longitudes depuis Berghe-Sainte-Marie jusque Nouvelle Anvers de la moitié de cette différence, soit correction = — 5",10.

Voyage de Nouvelle Anvers à Bassoko.

Éléments de calcul des longitudes.

Chronomètre 695 :

dh par jour à Nouvelle Anvers du 4 au 19 janvier 1891 . .	— 3^s,0076
Id. Bassoko du 9 au 13 janvier 1891 . .	— 3^s,7848
Moyenne : *dh* par jour pendant le voyage. . .	— 3^s,3962
Id. *dh* par heure	— 0^s,1415

Chronomètre 694 :

dh par jour à Nouvelle Anvers du 4 au 19 janvier 1891 . .	— 0^s0353
Id. à Bassoko du 9 au 13 février 1891 . .	— 0,7200
Moyenne : *dh* par jour pendant le voyage . . .	— 0^s3776
Id. *dh* par heure.	— 0,0157

---

29 janvier. **Station de Mobéka.**

Chronomètre 695 : *dh* à Nouvelle Anvers le 19 janv. à 3^h .	+ 11^m20^s61
Id. le 29 id. .	10.46,65
dh à Mobéka id. id. .	13.28,40
Différence de longitude. . .	2.41,75
Chronomètre 694 : *dh* à Nouvelle Anvers le 19 janv. à 3^h .	+ 44^m22^s86
Id. le 29 id. .	+ 44.19,08
dh à Mobéka id. id. .	47.00,07
Différence de longitude. . .	2.40,99

Moyenne des deux chronomètres . . $2^m.41^s,37$ =	0°.40'.20",55
Longitude Nouvelle Anvers	19°.09'.11",55
	19°.49'.32",10
Correction trouvée à Bassoko . . .	— 1,80
Longitude Mobéka	19°.49'.30",30

30 janvier.

Station d'Ukatoraka.

Chronomètre 695 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h	.	$+ 11^m20^s61$
Id.	le 30	id. .	+ 10.43,25
dh à Ukatoraka	le 30	id. .	+ 16.02,14
Différence de longitude. . .			5.18,89

Chronomètre 694 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h	.	$+ 44^m22^s86$
Id.	le 30	id. .	44.18,71
dh à Ukatoraka	le 30	id. .	49.36,37
Différence de longitude. . .			5.17,66

Moyenne des deux chronomètres : $5^m.18^s,27$ =	$1^o.19'.30'',05$
Longitude Nouvelle Anvers. . .	$19^o.09'.11'',55$
	$20^o.28'.41'',60$
Correction trouvée à Bassoko . .	— 1,80
Longitude Ukatoraka.	$20^o.28'.39'',80$

1er février.

Station d'Umangi.

Chronomètre 695 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h	.	$+ 11^m20^s61$
Id.	le 1er février	. .	+ 10,36,46
dh à Umangi	le 1er id.	. .	+ 19.48,03
Différence de longitude. . .			9.11,57

Chronomètre 694 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h	.	$+ 44^m22^s86$
Id.	le 1er février	. .	+ 44.17,95
dh à Umangi	le 1er id.	. .	+ 53.28,09
Différence de longitude. . .			9.10,14

Moyenne des deux chronomètres : $9^m.10^s,85$ =	$2^o.17'.42'',75$
Longitude Nouvelle Anvers. . .	$19^o.09'.11'',55$
	$21^o.26'.54'',30$
Correction trouvée à Bassoko. .	— 1,80
Longitude Umangi	$21^o.26'.52'',50$

Station de Bassoko.

Chronomètre 695 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h	.	$+ 11^m20^s61$
Id.	le 9 février	. .	+ 10.09,29
dh à Bassoko	le 9 id.	. .	28.11,39
Différence de longitude. . .			18.02,10

Chronomètre 694 : *dh* à Nouvelle Anvers	le 19 janv. à 3^h.	$+ 44^m22^s86$
Id.	le 9 février . .	+ 44.19,93
dh à Bassoko	le 9 id. . .	62.14,49
Différence de longitude. . .		17.59,56

Moyenne des deux chronomètres : $18^m.00^s,84$ =	$4^o.30'.12'',60$
Longitude Nouvelle Anvers. . .	$19^o.09'.11'',55$
Longitude Bassoko	$23^o.39'.24'',15$

---

13 février. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$1^h48^m12^s99$
Correction Newcomb	— 1,19
Ascension droite corrigée. . .	1.48.11,80
Id. observée . .	1.47.15,04
Différence.	— 56,76

Variation pour 1^m de longitude à 23^h. . . $2^s,2269$

$$\frac{56,76}{2,2269} = 25^m.49$$

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h . . .	2^s2275
Id. id. 23 . . .	2,2269
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0006

$$\frac{0,0006}{60} \times \frac{25,49}{2} = 0,0001$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $22^h,35 = 2^s,2270$

$$\text{Donc longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{56,76}{2,2270} = 22^h.34^m.30^s,78$$

---

14 février. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$23^h41^m39^s10$
Correction Newcomb	— 1,20
Ascension droite corrigée. . .	2.41.37,90
Id. observée. . .	2.40.41,21
Différence.	— 56,69

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h . . .	2^s2311
Id. id. 23 . . .	2,2320
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0009

$$\frac{0,0009}{60} \times \frac{25.5}{2} = + 0,0002$$

D'où variation pour 1^m de longitude $= 2^s,2318$

Longitude cherchée $= 23^h - 1^m \times \dfrac{56,69}{2,2318} = 22^h.34^m.35^s,88$

---

17 février. Cercle Est.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$5^h26^m17^s01$
Correction Newcomb	— 1,27
Ascension droite corrigée. . .	5.26.15,74
Id. observée . .	5.25.17,24
Différence.	— 58,50

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h . . .	2^s3386
Id. id. 23 . . .	2,3394
Différence $\Delta^2 u_0$	0,0008

$$\frac{0,0008}{60} \times \frac{25.5}{2} = 0,0002$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $22^h.35 = 2^s,3392$

Longitude cherchée $= 23^h - 1^m \times \dfrac{58,50}{2,3392} = 22^h.34^m.59^s,47$

---

18 février. Cercle Ouest.

Ascension droite de la Lune au méridien de 23^h. . . .	$6^h22^m30^s38$
Correction Newcomb	— 1,27
Ascension droite corrigée. . .	6.22.29,11
Id. observée . .	6.21.30,18
Différence.	— 58,93

Interpolation pour la variation :

Variation pour 1^m de longitude à 22^h	. . .	2^s3402
Id. id. 23	. . .	2,3395
Différence $\Delta^2 u_0$	. . . .	0,0007

$$\frac{0{,}0007}{60} \times \frac{25{,}5}{2} = 0{,}0001$$

D'où variation pour 1^m de longitude à $22^h.35 = 2^s,3396$

$$\text{Longitude cherchée} = 23^h - 1^m \times \frac{58{,}93}{2{,}3396} = 22^h.34^m.48^s,71$$

Moyenne des quatre valeurs obtenues par les observations de la Lune :

$22^h.34^m.43^s,71 = 1^h.25^m.16^s,29$ à l'Est de Paris
$1^h.25^m.16^s,29 = 21°.19'.04'',35$
Paris-Greenwich + $2°.20'.14'',40$

Longitude Est Greenwich. $23°.39'.18'',75$

Les observations de la Lune nous donnent	. . . . .	23°.39'.18'',75
Le transport des chronomètres nous donne	. . . . .	23°.39'.24'',15

En attribuant un poids 2 au résultat fourni par les observations de la Lune, un poids 1 au résultat que donnent les chronomètres, nous trouvons pour résultat définitif :

Longitude Bassoko Est Greenwich = 23°.39'.20'',55

Remarque.

Le transport des chronomètres a donné longitude Bassoko =	23°.39'.24'',15
Nous avons trouvé pour résultat définitif longitude Bassoko =	23°.39.'20'',55
Différence	— 3,60

Nous corrigerons donc les longitudes depuis Nouvelle Anvers jusque Bassoko de la moitié de cette différence, soit correction = — $1^s,80$.

Voyage de Bassoko aux Falls et retour.

Éléments de calcul des longitudes.

Chronomètre 695 :	*dh* par jour à Bassoko du 9 février au 16 mars .	— 3^s4390
	dh par jour aux Falls du 5 avril au 10 avril . .	— 4,9140
Moyenne :	*dh* par jour pendant le voyage.	— 4,1765
	dh par heure	— 0,1740
Chronomètre 694 :	*dh* par jour à Bassoko du 9 février au 16 mars .	— 0,4260
	dh par jour aux Falls du 5 avril au 10 avril . .	— 0,7280
Moyenne :	*dh* par jour pendant le voyage	— 0,5770
	dh par heure	— 0,0230

NOTA. — Il s'est écoulé un espace de quarante-cinq jours entre les observations d'heure exécutées à Bassoko et les observations des Falls. Les observateurs ne peuvent être mis en cause, un bateau était annoncé, et du 20 février au 1er avril ils s'attendaient à le voir arriver d'un jour à l'autre.

En examinant le cahier de comparaison des chronomètres, nous voyons qu'une légère différence de marche est accusée à partir du 16 mars.

En revenant des Falls vers le Stanley-Pool, le bateau s'est arrêté à Bassoko pendant la nuit du 13 avril ; le cercle méridien a été mis en station et une observation d'heure a été exécutée. Trois étoiles ont pu être observées dans la position Cercle Est ; l'instrument a été retourné, mais le ciel s'est couvert. Le bateau ayant quitté Bassoko le 14 avril au matin, les observateurs n'ont pas pu déterminer à nouveau les *dh* des chronomètres.

Dans ces conditions, nous calculons comme suit la différence de longitude entre Bassoko et les Falls :

En admettant que les *dh* trouvés à Bassoko du 9 au 19 février n'ont pas varié jusqu'au 16 mars, nous adoptons pour le voyage de Bassoko aux Falls la moyenne des *dh* obtenus à Bassoko du 9 au 19 février, et aux Falls du 5 au 10 avril. Pour le retour des Falls à Bassoko, nous utilisons les *dh* déterminés aux Falls. Comme nous n'avons pu déterminer à nouveau les *dh* au retour à Bassoko, nous donnons un poids 2 au résultat obtenu par le voyage de Bassoko aux Falls, et un poids 1 au résultat fourni par le retour des Falls à Bassoko.

Chronomètre 695 : *dh* à Bassoko le 16 mars à 6^h	$+ 27^m11^s71$	
Id. pour 22 jours	— 1.31,88	
dh à Bassoko le 7 avril à 6^h	+ 24.39,83	
dh à Falls le 7 id.	+ 30.38,70	
Différence de longitude	+ 5.58,87	(poids 2)
dh aux Falls le 7 avril à $8^h.36$	+ 30.38,16	
Id. pour 6 jours.	— 29,48	
dh aux Falls le 13 avril à $8^h.96$. . . .	+ 30.08,68	
dh à Bassoko le id. . . .	+ 23.47,09	
Différence de longitude . . .	6.21,59	(poids 1)

Moyenne des deux valeurs : $6^m.06^s,44$

Chronomètre 694 : *dh* à Bassoko le 16 mars à 6^h.	+ 61.59,35	
Id. pour 22 jours	— 12,69	
dh à Bassoko le 7 avril à 6^h	$+ 61^m46^s66$	
dh aux Falls id.	+ 67.39,06	
Différence de longitude. . .	5.52,40	(poids 2)

dh aux Falls le 7 avril à $6^h.15$	+ 67.39,05
Id. pour 6 jours	—4,37
dh aux Falls le 13 avril à $6^h.15$.	+ 67.34.68
dh à Bassoko id.	61.08,20
Différence de longitude. . .	6.26,48 (poids 1)

Moyenne des deux valeurs données par le 694 : $6^m.04,43$

Chronomètre 695 : différence de longitude Bassoko-Falls. .	+ 6.06,44
In. 694 id. id. id. . .	+ 6.04,43
Moyenne	+ 6.05,435

$6^m.05^s,435 = 1°.31'.21'',52$

Longitude Bassoko	23°.39'.20'',55
Longitude de la station des Falls .	25°.10'.42'',07

---

2 avril. **Station d'Issangi (embouchure du Lomani).**

Chronomètre 695 : *dh* à Issangi le 2 avril à 7^h18. . . .	+ 27^m22^s04
pour 5 jour	— 24,57
dh à Issangi le 7 avril à 7^h18. . . .	+ 26.57,47
dh aux Falls id. id. . . .	+ 30.38,43
Différence de longitude. . .	3.40,96
Chronomètre 694 : *dh* à Issangi le 2 avril à 6^h . . .	+ 64^m06^s58
pour 5 jours	— 3,64
dh à Issangi le 7 avril à 6^h . . .	+ 64.02,94
dh aux Falls id. id. . . .	+ 67.39,06
Différence de longitude. . .	3.36,12

Moyenne des deux chronomètres : $3^m.38^s,54 = 0°.54'.38'',10$

Longitude de la station des Falls.	25°.10'.42'',07
Longitude d'Issangi	24°.16'.04''

---

14 avril. **Station de Jambinga.**

Chronomètre 695 : *dh* à Bassoko le 13 avril à 7^h55. . .	+ 23^m47^s22
pour 1 jour	— 4,91
dh à Bassoko le 14 avril à 7^h55. . .	+ 23.42,31
dh à Jambinga id. . . .	+ 19.44,11
Différence de longitude. . .	3.58,20

Chronomètre 694 : *dh* à Bassoko le 13 avril à 5^h22 . . .		$+61^m08^s23$
Id. pour 1 jour		— 0,73
Id. le 15 avril à 5^h22 . . .		+ 61.07,50
dh à Jambinga id. . . .		+ 57.09,00
Différence de longitude. . .		3.58,50
Moyenne des deux chronomètres :	$3^m.58^s,35$ =	0°.59′.35″,25
Longitude Bassoko		23°.39′.20″,55
Longitude Jambinga		22°.39′.45″

. Voyage de Matadi à Boma et à Banana.

Éléments de calcul de la différence de longitude entre Matadi et Boma.

Chronomètre 695 : *dh* par jour à Boma du 14 au 18 juin. .	— 6^s0042
dh par heure	— 0,2502
Chronomètre 694 : *dh* par jour à Boma du 14 au 18 juin. .	— 0^s8997
dh par heure	— 0,0375

Station de Boma.

Chronomètre 695 : *dh* à Matadi le 1er juin à 12^h		— 21^m43^s59
Id. le 14 id.		— 22.52,65
dh à Boma id. id.		— 24.31,14
Différence de longitude. . .		1.38,49
Chronomètre 694 : *dh* à Matadi le 1er juin à 12^h		+ 19^m22^s92
Id. le 14 id.		+ 19.11,22
dh à Boma id. id.		+ 17.31,71
Différence de longitude. . .		1.39,51
Moyenne des deux chronomètres :	$1^m.39^s,00$ =	0°.24′.45″
Longitude Matadi		13°.30′.55″
Longitude Boma		13°.06′.10″

Éléments du calcul de la différence de longitude entre Boma et Banana.

Chronomètre à 695 : *dh* par jour à Boma du 14 au 18 juin . .	— 6^s0042
dh par jour à Banana du 24 juin au 4 juillet	— 5,8101
dh moyen par jour	— 5,9071
dh par heure	— 0,2461
Chronomètre 694 : *dh* par jour à Boma du 14 au 18 juin . .	— 0,8997
dh par jour à Banana du 24 juin au 4 juillet	— 0,4761
dh moyen par jour	— 0,6879
dh par heure	— 0,0287

Station de Banana.

Chronomètre 695 : *dh* à Boma le 18 juin à 12h	. . . . . .	— 24m55s16
Id. le 24 id.	. . . . . .	— 25.30,60
dh à Banana le 24 id.	. . . . . .	— 28.06,90
Différence de Longitude	. . . .	2.36,30
Chronomètre 694 : *dh* à Boma le 18 juin à 12h	. . . . . .	+ 17.28,11
Id. 24 id.	. . . . . .	+ 17.23,98
dh à Banana le 24 id.	. . . . . .	+ 14.47,80
Différence de longitude	. . .	2.36,18

Moyennes des deux chronomètres $2^m.36^s,24$ =	$0^\circ.39'.04''$
Longitude Boma	$13^\circ.06'.10''$
Longitude Banana	$12^\circ.27'.06''$

Station de Matadi (14 août 1890).

Déclinaison (de 9^h30 à 10^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . . .	16°00'50"
Id.	id. renversée	. . . .	16.05.40
Objectif Nord,	id. id.	. . . .	16.09.20
Id.	id. droite	. . . .	16.07.00
	Moyenne	. . . .	16.05.42
	Correction des verniers	. . .	+ 0.45
	Déviation azimutale de la mire.		+ 0.45
	Déclinaison magnétique	. . .	16°07'12"

Inclinaison (de 10^h30 à 11^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite,	barreau	I bas,	II haut.	δ = — 1°58'15"
Id.	id. id.		I haut,	II bas.	2.39.45
Id.	id. renversée,		I bas,	II haut.	1.58.00
Id.	id. id.		I haut,	II bas.	2.42.00
Objectif Nord,	id. id.		I bas,	II haut.	2.06.30
Id.	id. id.		I haut,	II bas.	2.29.00
Id.	id. droite,		I bas,	II haut.	2.04.45
Id.	id. id.		I haut,	II bas.	2.34.00
				Moyenne δ =	— 2°19.00

$\log \sin \delta = 8.60662 -$

$\log C = 1.09090$

$\log \operatorname{tg} i = 9.69752 -. \quad i = -26°29'20''$

Intensité (de 4^h à 5^h du soir).

Objectif Sud,	aiguille droite.	Observat^r : D.	T = 4^s600 (temps sidéral).
Id.	id. id.	G.	4,580
Id.	id. renversée.	D.	4,620
Id.	id. id.	G.	4,620
Objectif Nord,	id. droite.	D.	4,550
Id.	id. id.	G.	4,525
Id.	id. renversée.	D.	4,525
Id.	id. id.	G.	4,525

Moyenne T = 4^s5681 (temps sid.) = 4^s5556 (temps moy.).

$\log T^2 = 1.31708$

$\log L = 2.27502$

$\log H = 9.04206$; $H = 0,1102$

Station à Lukungu (22 septembre 1890).

Déclinaison (de 7^h30 à 8^h40 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . . .	15°33′00″
Id.	id. renversée	. . . .	15.28.07,5
Objectif Nord,	id. id.	. . . .	15.35.07,5
Id.	id. droite	. . . .	15.33.24
	Moyenne	. . . .	15.32.24,75
	Correction des verniers	. . .	+ 1.00,00
	Déviation azimutale de la mire.		— 1.38,31
	Déclinaison magnétique	. . .	15°31′46″

Inclinaison (de 8^h50 à 9^h50 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite,	barreau I bas, II haut.	δ + —	1°57′15″
Id.	id. id.	I haut, II bas.		2.29.30
Id.	id. renversée,	I bas, II haut.		1.54.00
Id.	id. id.	I haut, II bas.		2.26.15
Objectif Nord,	id. id.	I bas, II haut.		1.55.15
Id.	id. id.	I haut, II bas.		2.27.30
Id.	id. droite,	I bas, II haut.		1.51.00
Id.	id. id.	I haut, II bas.		2.32.45
			Moyenne = δ —	2°11′41″

log C = 1.09090
log δ = 8.58317 —
log tg i = 9.67407 —. i = — 25°16′25″

Intensité (de 10^h10 à 10^h50 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite.	Observat^r : D.	T = 4^s600 (temps sidéral).
Id.	id. id.	G.	4,560
Id.	id. renversée.	D.	4,540
Id.	id. id.	G.	4,560
Objectif Nord,	id. id.	D.	4,640
Id.	id. id.	G.	4,660
Id.	id. droite,	D.	4,700
Id.	id. id.	G.	4,640

Moyenne T = 4^s6125 (temps sid.) = 4^s5999 (temps moy.).

log T^2 = 1.32550
log L = 2.27502
log H = 9.05048; H = 0,1123

Station à Léopoldville (3 novembre 1890).

Déclinaison (de 9h à 10h du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite.	. . . . . .	15°04′37″5
Id.	id.	renversée	15.05.30
Objectif Nord,	id.	droite	15.09.30
Id.	id.	renversée	15.05.22,5
	Moyenne		15.06.15
	Correction des verniers . . .		+ 0.45
	Déviation azimutale de la mire.		+ 5
	Déclinaison magnétique . . .		15°07′05″

Inclinaison (de 10h05 à 11h15 du matin).

Objectif Nord,	aiguille renversée,	barreau	I bas, II haut.	δ = — 1°49′45″
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	2.18.00
Objectif Sud,	id.	id.	I bas, II haut.	1.54.40
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	2.22.00
Id.	id.	droite.	I bas, II haut.	1.58.45
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	2.16.15
Objectif Nord,	id.	id.	I bas, II haut.	1.56.00
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	2,14,00
			Moyenne δ =	— 2°06′11

log C = 1.09090
log sin δ = 8.56461 —
log tg i = 9.65551 —. i = — 24°20′30″

Intensité (4 novembre de 7h20 à 8h10 du matin).

Objectif Sud,	aiguille	droite.	Observatr : D.	T = 4s520 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,560
Id.	id.	renversée.	D.	4,520
Id.	id.	id.	G.	4,540
Objectif Nord,	id.	droite.	D.	4,580
Id.	id.	id.	G.	4,600
Id.	id.	renversée.	D.	4,600
Id.	id.	id.	G.	4,600

Moyenne T = 4s565 (temps sid.) = 4s5525 (temps moy.).

log T² = 1.31650
log L = 2.27502
log H = 9.04148; H = 0,1100

Station à Berghe-Sainte-Marie (3 décembre 1890).

Déclinaison (de 7^h40 à 8^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite.			14°02′22″5
Id.	Nord,	id.	id.	14.00.15
Id.	id.	id.	renversée.	14.03.22,5
Id.	Sud,	id.	id.	13.52.15

Moyenne	13.59.33,75
Correction des verniers	+ 45
Déviation azimutale de la mire.	+ 11.54,67
Déclinaison magnétique	14°12′13″

Inclinaison (de 8^h30 à 9^h35 du matin).

Objectif Sud,	aiguille renversée,	barreau	I bas,	II haut.	$\delta = -$ 1°40.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.08.30
Objectif Nord,	id.	id.	I bas,	II haut.	1.37.45
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.14.00
Id.	id.	droite,	I bas,	II haut.	1.39.00
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.11.45
Objectif Sud,	id.	id.	I bas,	II haut.	1.33.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.18.15

Moyenne $\delta = -$ 1°55′20″6

log C = 1.09090
log sin δ = 8.52564 —
log tg i = 9.61654 —. $i = -$ 22°28′05″

Intensité (de 9^h35 à 10^h30 du matin).

Objectif Nord,	aiguille droite.	Observat[r] :	D.	T = 4s570 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,540
Objectif Sud,	id.	id.	D.	4,440
Id.	id.	id.	G.	4,440
Id.	id.	renversée.	D.	4,440
Id.	id.	id.	G.	4,440
Objectif Nord,	id.	id.	D.	4,540
Id.	id.	id.	G.	4,560

Moyenne T = 4s49625 (t. sid.) = 4s48389 (t. moy.).

log T^2 = 1,30332
log L = 2,27502
log H = 9,02830 ; H = 0,1067

Station à Lukolela (25 décembre 1890).

Déclinaison (de 4^h30 à 5^h du soir).

Objectif	Nord,	aiguille	droite.	12°57′15″
Id.	Sud,	id.	id.	13.03.30
Id.	id.	id.	renversée	12.56.45
Id.	Nord,	id.	id.	13.00.15

Moyenne 12.59.26,25
Correction des verniers . . . + 45
Déviation azimutale de la mire . — 4.38.55

Déclinaison magnétique . . . 12.55.33″

Inclinaison (le 26 décembre de 6^h à 6^h30 du matin) (*).

Objectif Nord,	aiguille droite,	barreau I bas,	II haut.	δ = — 1°11′30″
Id.	id. id.	I haut,	II bas.	1.55.30
Objectif Sud,	id. id.	I bas,	II haut.	1.06.15
Id.	id. id.	I haut,	II bas.	2.02.00

Moyenne δ = — 1°33.49

log C = 1.09090
log sin δ = 8.43593 —

log tg i = 9.52683 —. i = 19°39′23″

Intensité (de 5^h30 à 6^h du matin).

Objectif Nord,	aiguille	droite.	Observat^r. : D.	T. = 4^s440 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,460
Id.	id.	renversée.	D.	4,440
Id.	id.	id.	G.	4,480
Objectif Sud,	id.	droite.	D.	4,360
Id.	id.	id.	G.	4,320
Id.	id.	renversée.	D.	4,340
Id.	id.	id.	G.	4,360

Moyenne T = 4,400 (temps sid.) = 4^s388 (temps moy.).

log T^2 = 1.28454
log L = 2.27502

log H = 9.00952; H = 0,1022

(*) Le départ du bateau nous a empêchés de continuer les observations aiguille renversée.

Station à Nouvelle Anvers (11 janvier 1891).

Déclinaison (de 7h15 à 8h15 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . .	11°24′30″
Objectif Nord,	id.	id.	11.25.22,5
Id.	id.	renversée.	11.25.22,5
Objectif Sud,	id.	id.	11.18.30

Moyenne	11.23.26,25
Correction des verniers . . .	+ 1.15
Déviation azimutale de la mire.	— 44,94
Déclinaison magnétique . . .	11°23,56″

Inclinaison (de 8h20 à 9h35 du matin).

Objectif Sud,	aiguille	droite,	barreau I bas,	II haut.	δ = — 0°48′00″
Id.	id.	id.	I haut,	II bas,	1.34.15
Objectif Nord,	id.	id.	I bas,	II haut.	0.49.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.30.45
Id.	id.	renversée,	I bas,	II haut.	0.50.45
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.31.30
Objectif Sud,	id.	id.	I bas,	II haut.	0.52.30
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.29.00

Moyenne δ = — 1°10,45

log C = 1.09090
log sin δ = 8.31342

log tg i = 9.40432 i = — 14°14′07

Intensité (12 janvier de 7h10 à 8h20 du matin).

			Observatr	T
Objectif Nord,	aiguille	droite.	D.	T = 4s360 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G	4,360
Objectif Sud,	id.	id.	D	4,220
Id.	id.	id.	G	4,240
Id.	id.	renversée,	D	4,240
Id.	id.	id.	G	4,240
Objectif Nord,	id.	id.	D	4,360
Id.	id.	id.	G	4,360

Moyenne T = 4s2975 (temps sid.) = 4,2857 (temps moy.).

log T^2 = 1.26404
log L = 2.27502

log H = 8.98902; H = 0,0975

Station à Umangi (1er février 1891).

Déclinaison (de 3h à 4h du soir).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . . .	10°08′45″
Objectif Nord,	id. id.	. . . . . .	10.10.07,5
Id.	id. renversée	. . . . .	10.13.00
Objectif Sud,	id. id.	. . . . . .	9.59.30
	Moyenne	. . . .	10.07.50,62
	Correction des verniers	. . .	+ 1.15
	Déviation azimutale de la mire	.	+ 30.34,75
	Déclinaison magnétique	. . .	10°39′40″

Inclinaison (à 4h du soir).

Objectif Sud,	aiguille renversée,	barreau	I bas,	II haut.	δ = — 0°51′30″
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.25.15
Objectif Nord,	id.	id.	I bas,	II haut.	0.56.30
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.19.45
Id.	id.	droite,	I bas,	II haut.	0.57.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.20.15
Objectif Sud,	id.	id.	I bas,	II haut.	0.49.30
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.26.30
				Moyenne δ =	— 1°08.11.25

log C = 1.09090

log sin δ = 8.29740 —

log tg i = 9.38830 — . i = — 13°44′24″

Intensité (à 5h du soir).

Objectif Sud,	aiguille droite.	Observatr : D.	T =	4s220 (temps sidéral).
Id.	id. id.	G.		4,220
Id.	id. renversée.	D.		4,220
Id.	id. id.	G.		4,240
Objectif Nord,	id. droite.	D.		4,360
Id.	id. id.	G.		4,380
Id.	id. renversée.	D.		4,400
Id.	id. id.	G.		4,400

Moyenne T = 4s3050 (temps sid.) = 4s2933 (temps moy.).

log T² = 1.26558

log L = 2.27502

log H = 8.99056; H = 0,0978

Station à Bassoko (11 février 1891).

Déclinaison (de 7^h10 à 7^h40 du matin).

Objectif Nord,	aiguille droite	. . . . . .	10°06′15″
Objectif Sud,	id.	id.	10.11.45
Id.	id.	renversée	10.05.45
Objectif Nord,	id.	id.	10.10.15
	Moyenne		10.08.30
	Correction des verniers . . .		+ 1.15
	Déviation azimutale de la mire .		+ 40
	Déclinaison magnétique . . .		10°10′25″

Inclinaison (de 7^h40 à 8^h50 du matin).

Objectif Nord,	aiguille renversée,	barreau I bas, II haut.	δ =	— 1°05′45″
Id.	id. id.	I haut, II bas.		1.36.15
Objectif Sud,	id. id.	I bas, II haut.		1.04.30
Id.	id. id.	I haut, II bas.		1.36.15
Id.	id. droite,	I bas, II haut.		1.08.45
Id.	id. id.	I haut, II bas.		1.36.45
Objectif Nord,	id. id.	I bas, II haut.		1.10.15
Id.	id. id.	I haut, II bas.		1.35.00
			Moyenne δ =	— 1°21′41″25

log C = 1.09090
log sin δ = 8.37584 —

log tg i = 9.46674 — . i = — 16°19,34

Intensité (de 8^h50 à 9^h50 du matin).

Objectif Nord,	aiguille droite.	Observat[r] : D.	T =	4^s300 (temps sidéral).
Id.	id. id.	G.		4,320
Id.	id. renversée.	D.		4,320
Id.	id. id.	G.		4,300
Objectif Sud,	id. droite.	D.		4,280
Id.	id. id.	G.		4,280
Id.	id. renversée.	D.		4,320
Id.	id. id.	G.		4,380

Moyenne T = 4^s025 (temps sid.) = 4^s2908 (temps moy.).

log T^2 = 1.26508
log L = 2.27502

log H = 8.99006 ; H = 0,0977

Station aux Falls (7 avril 1891).

Déclinaison (de 6^h30 à 7^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . . .	10°11′45″
Objectif Nord,	id. id.	. . . .	10.03.30
Id.	id. renversée.	. . . . .	10.09.45
Objectif Sud,	id. id.	. . . .	10.03.30
	Moyenne.	. . . .	10.07.07,5
	Correction des verniers	. . . .	+ 1.15
	Déviation azimutale	. . . . .	— 4.07
	Déclinaison magnétique	. . . .	10°04′15″

Inclinaison (de 7^h30 à 8^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille renversée,	barreau	I bas, II haut.	δ = — 1°13′15″
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.34.15
Objectif Nord,	id.	id.	I bas, II haut.	1.12.30
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.39.30
Id.	id.	droite,	I bas, II haut.	1.19.30
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.32.15
Objectif Sud,	id.	id.	I bas, II haut.	1.13.15
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.41.30
			Moyenne. . . .	— 1°25′45″

log C = 1.09090
log sin δ = 8.39692 —

log tg i = 9.48782 — . i = — 17°05′31″

Intensité (de 8^h50 à 9^h50 du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite.	Observat[r] :	D.	T = 4^s280 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,280
Id.	id.	renversée.	D.	4,320
Id.	id.	id.	G.	4,280
Objectif Nord,	id.	droite.	D.	4,420
Id.	id.	id.	G.	4,400
Id.	id.	renversée.	D.	4,400
Id.	id.	id.	G.	4,420

Moyenne T = 4,3550 (temps sid.) = 4^s3433 (temps m.).

log T^2 = 1.27564
log L = 2.27502

log H = 9.00062 ; H = 0,1001

Station à Jambinga (14 avril 1891).

Déclinaison (à 5h30 du soir).

Objectif Nord,	aiguille droite		10°25′00″
Objectif Sud,	id.	id.	10.24.00
Id.	id.	renversée	10.21.00
Objectif Nord,	id.	id.	10.25.30
Moyenne			10.23.52,5
Correction des verniers			+ 1,15,0
Déviation azimutale de la mire			+ 1.27,3
Déclinaison magnétique			10°26′35″

Intensité (15 avril 1891 de 6h à 6h30 du matin).

			Observatr :	T =
Objectif Nord,	aiguille	droite.	D.	4s300 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,320
Id.	id.	renversée.	D.	4,340
Id.	id.	id.	G.	4,380
Objectif Sud.	id.	droite.	D.	4,240
Id.	id.	id.	G.	4,220
Id.	id.	renversée.	D.	4,240
Id.	id.	id.	G.	4,240

Moyenne T = 4,285 (temps sid.) = 4s2733 (temps moy.).

log T^2 = 1.26152
log L = 2.27502
log H = 8.98650 ; H = 0,0969

Inclinaison (de 6h30 à 7h du matin).

			barreau	δ =
Objectif Sud,	aiguille	droite,	I bas, II haut.	— 0°52′30″
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.12.00
Objectif Nord,	id.	id.	I bas, II haut.	0.58.30
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.24.30
Id.	id.	renversée,	I bas, II haut.	0.47.30
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.29.30
Objectif Sud,	id.	id.	I bas, II haut.	0.53.30
Id.	id.	id.	I haut, II bas.	1.35.00

Moyenne δ = 1°09′07,5

log C = 1.09090
log sin δ = 8.30303 —
log tg i = 9.39423 — . i = — 13°55′20″

Station à Équateur-ville (21 avril 1891) (*).

Inclinaison.

Objectif Nord,	aiguille renversée,	barreau	I bas,	II haut.	δ = — 1°08′45″
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.37.15
Objectif Sud,	id.	id.	I bas,	II haut.	1.16.45
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.28.45
Id.	id.	droite,	I bas,	II haut.	1.06.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1.42.30
Objectif Nord,	id.	id.	I bas,	II haut.	1.09.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	1,32,30

Moyenne δ = — 1°22′37″5

log C = 1.09090
log sin δ = 8.38079 —

log tg i = 9.47169 —. i = — 16°30′10″

Intensité.

Objectif Nord,	aiguille	droite.	Observat^r : G.	T = 4ˢ440 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	D.	4,440
Id.	id.	renversée.	G.	4,440
Id.	id.	id.	D.	4,460
Objectif Sud,	id.	droite.	G.	4,340
Id.	id.	id.	D.	4,340
Id.	id.	renversée.	G.	4,360
Id.	id.	id.	D.	4,340

Moyenne T = 4ˢ395 (temps sid.) = 4ˢ3829 (temps moy.).

log T^2 = 1.28352
log L = 2.27502

log H = 9.00850 ; H = 0,10198

(*) Le ciel étant resté couvert pendant notre séjour à Équateur-ville, nous n'avons pu déterminer la déviation azimutale de la mire pour tirer parti des observations de déclinaisons faites au théodolite magnétique.

Station à Matadi (31 mai).

Déclinaison (à 8h30 du matin).

Objectif Nord,	aiguille droite		......	16°01'22"5
Id.	Sud,	id.	id.	16.04.00
Id.	id.	id.	renversée	15.57.05
Id.	Nord,	id.	id.	16.06.07

Moyenne	16.02.08,6
Correction des verniers ...	+ 1.15
Déviation azimutale de la mire.	— 1.55,9
Déclinaison magnétique ...	16.01'28"

Inclinaison (à 10h du matin).

Objectif Nord,	aiguille	renversée,	barreau	I bas, II haut.	δ = — 1°50'22"5
Id.	id.	id.		I haut, II bas,	2.30.30
Objectif Sud,	id.	id.		I bas, II haut.	1.49.22,5
Id.	id.	id.		I haut, II bas.	2.32.45
Id.	id.	droite,		I bas, II haut.	1.52.07,5
Id.	id.	id.		I haut, II bas.	2.28.45
Objectif Nord,	id.	id.		I bas, II haut.	1.54.37,5
Id.	id.	id.		I haut, II bas.	2.26.45

Moyenne δ = — 2°10'39"37

log C = 1.09090

log sin δ = 8.57975 —

log tg *i* = 9.67065 —. *i* = — 25°06'

Intensité (1er juin à 10h du matin).

Objectif Sud,	aiguille	droite.	Observatr. : G.	T. = 4s660 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,660
Id.	id.	renversée.	G.	4,660
Id.	id.	id.	G.	4,660
Objectif Nord,	id.	droite.	G.	4,740
Id.	id.	id.	G.	4,740
Id.	id.	renversée.	G.	4,730
Id.	id.	id.	G.	4,740

Moyenne T = 4s6987 (temps sid.) = 4s6858 (t. moy.).

log T^2 = 1.34156

log L = 2.27502

log H = 9.06654; H = 0,1166

Station à Boma (20 juin 1891).

Déclinaison (à 8^h du matin).

Objectif Sud,	aiguille droite	. . . . .	16°18′15″
Objectif Nord,	id. id.	. . . . . .	16.20.00
Id.	id. renversée.	. . . .	16.23.45
Objectif Sud,	id. id.	. . . . . .	16.13.00
	Moyenne	. . . .	16.18.45
	Correction des verniers	. . .	+ 1.15
	Déviation azimutale de la mire.		— 1.52
	Déclinaison magnétique	. . .	16°18′08″

Inclinaison (à 9^h30 du matin).

Objectif Sud,	aiguille renversée,	barreau	I bas,	II haut.	δ = — 2°02.30
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.11.00
Objectif Nord,	id.	id.	I bas,	II haut.	2.03.45
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.11.30
Id.	id.	droite,	I bas,	II haut.	2.08.30
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.11.30
Objectif Sud,	id.	id.	I bas,	II haut.	2.09.15
Id.	id.	id.	I haut,	II bas.	2.10.15
				Moyenne	δ = — 2°08′32″

log C = 1.09090
log sin δ = 8.57263 —

log tg i = 9.66353 —. i = — 24°44′28″

Intensité (à 3^h15 du soir).

Objectif Nord,	aiguille	renversée.	Observat^r : G.	T = 4^s660 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,640
Id.	id.	droite.	G.	4,640
Id.	id.	id.	G.	4,660
Objectif Sud,	id.	id.	G.	4,640
Id.	id.	id.	G.	4,620
Id.	id.	renversée,	G.	4,640
Id.	id.	id.	G.	4,640

Moyenne T = 4^s6425 (t. sid.) = 4^s6298 (t. moy.).

log T^2 = 1,33112
log L = 1,27502

log H = 9,05610 ; H = 0,1138

Station à Banana (30 juin 1891).

Déclinaison (à 8^h40 du matin).

Objectif Nord,	aiguille droite.		. . . . . .	16°34′15″
Id.	Sud,	id.	id.	16.39.00
Id.	id.	id.	renversée.	16.30.00
Id.	Nord,	id.	id.	16.42.45

Moyenne	16°38′30″
Correction des verniers . . .	+ 1.15
Déviation azimutale de la mire.	+ 35
Déclinaison magnétique . . .	16°40′20″

Inclinaison (à 10 du matin).

Objectif Nord,	aiguille	renversée,	barreau	I bas,	II haut.	$\delta = -$ 2°04′45″
Id.	id.	id.		I haut,	II bas.	2.15.45
Objectif Sud,	id.	id.		I bas,	II haut.	2.07.45
Id.	id.	id.		I haut,	II bas.	2.13.30
Id.	id.	droite,		I bas,	II haut.	2.07.15
Id.	id.	id.		I haut,	II bas.	2.15.00
Objectif Nord,	id.	id.		I bas,	II haut.	2.12.45
Id.	id.	id.		I haut,	II bas.	2.13.00

Moyenne $\delta = -$ 2°11′13″

log C = 1.09090
log sin δ = 8.58165 —
log tg i = 9.67255 —. $i = -$ 25°11′48″

Intensité.

Objectif Nord,	aiguille	droite.	Observat[r] : G.	T = 4ˢ760 (temps sidéral).
Id.	id.	id.	G.	4,740
Id.	id.	renversée,	G.	4,740
Id.	id.	id.	G.	4,740
Objectif Sud,	id.	droite,	G.	4,700
Id.	id.	id.	G.	4,700
Id.	id.	renversée,	G.	4,680
Id.	id.	id.	G.	4,700

Moyenne T = 4ˢ720 (temps sid.) = 4ˢ7070 (temps moy.).

log T^2 = 1.34549
log L = 2.27502
log H = 9.07047; H = 0,1176

TABLE I.

Pour le calcul des y (y est pris à partir de l'équateur).

φ	y	$\Delta u_n = u_{n+1} - u_n$	$\Delta^2 u_n$	φ	y	$\Delta u_n = u_{n+1} - u_n$	$\Delta^2 u_n$
	m	m	m		m	m	m
0°.00′	0.00	+ 18427,31	+ 0,15	6°.00′	664614.00	+ 18533.12	+ 5.76
10	18427.31	18427,46	0.33	10	683147,12	18538,88	6.23
20	36854.77	18427.79	0.46	20	701686.00	18545.11	6.03
30	55282,56	18428.25	0,63	30	720231.11	18551.14	6.44
40	73710,81	18428,88	0.81	40	738782.25	18557.58	6.58
50	92139.69	18429 69	0.94	50	757339.83	18564.16	6.92
1.00	110569,38	18430,63	1.08	7.00	775903.99	18571.08	6.75
10	129000.01	18431,71	1.32	10	794475.07	18577,83	6.93
20	147431.72	18433.03	1.39	20	813052.90	18584.76	7.27
30	165864.75	18434.42	1.56	30	831637.66	18592 03	7.38
40	184299,17	18435,98	1.75	40	850229.69	18599.41	7.54
50	202735.15	18437.73	1.91	50	868829.10	18606.95	7.69
2 00	221172,88	18439,64	2.09	8.00	887436 05	18614.64	7.76
10	239612.52	18441,73	2,12	10	906050.69	18622.40	8.30
20	258054.25	18443 85	2 44	20	924673.09	18630.70	8.07
30	276498.10	18446.29	2.59	30	943303.79	18638.77	8.27
40	294944,39	18448,88	2.60	40	961942,56	18647.04	8.47
50	313393,27	18451.48	2.93	50	980589.60	18655 51	8.67
3 00	331844.75	18454 41	2.88	9.00	999245.11	18664,18	8.89
10	350299,16	18457.29	3.23	10	1017909,29	18673 07	9.12
20	368756.45	18460.52	3,39	20	1036582.36	18682.19	9.36
30	387216.97	18463,91	3.46	30	1055264.55	18691,55	9.61
40	405680,88	18467.37	3.61	40	1073956.10	18701,16	9.69
50	424148,25	18470.98	3.83	50	1092657.26	18710.85	9.76
4.00	442619.23	18474 81	4.05	10.00	1111368.11	18720,61	9.83
10	461094.04	18478,86	3,92	10	1130088,72	18730.44	9.91
20	479572,90	18482.78	4.46	20	1148819.16	18740.35	9.99
30	498055,68	18487.24	4.35	30	1167559.51	18750.34	10.09
40	516542.92	18491,59	4 60	40	1186309.85	18760.43	10.21
50	535034.51	18496.19	4.87	50	1205070.28	18770.64	11.42
5.00	553530,70	18501.06	4.92	11.00	1223840.92	18782.06	10.93
10	572031,76	18505.98	5.09	10	1242622.98	18792.99	11.09
20	590537,74	18511.07	5.24	20	1261415.97	18804.08	11.05
30	609048.81	18516.31	5.40	30	1280220.05	18815.13	11.86
40	627565.12	18521,71	5.46	40	1299035.18	18826,99	11,41
50	646086.83	18527.17	5,95	50	1317862.17	18838,40	
6.00	664614,00	18533.12		12.00	1336700.57		

Formule d'interpolation pour obtenir y de minute en minute : $u = u_0 + \frac{z}{1} \Delta u_0 + \frac{z(z-1)}{2} (\Delta^2 u_0)$

y	z	$\frac{z(z-1)}{2}$
1	+ 0,1	- 0.045
2	0,2	- 0,08
3	0,3	- 0,105
4	0,4	- 0,12
5	0,5	- 0,125
6	0.6	- 0,12
7	0,7	- 0,105
8	0.8	- 0,08
9	0.9	- 0.045

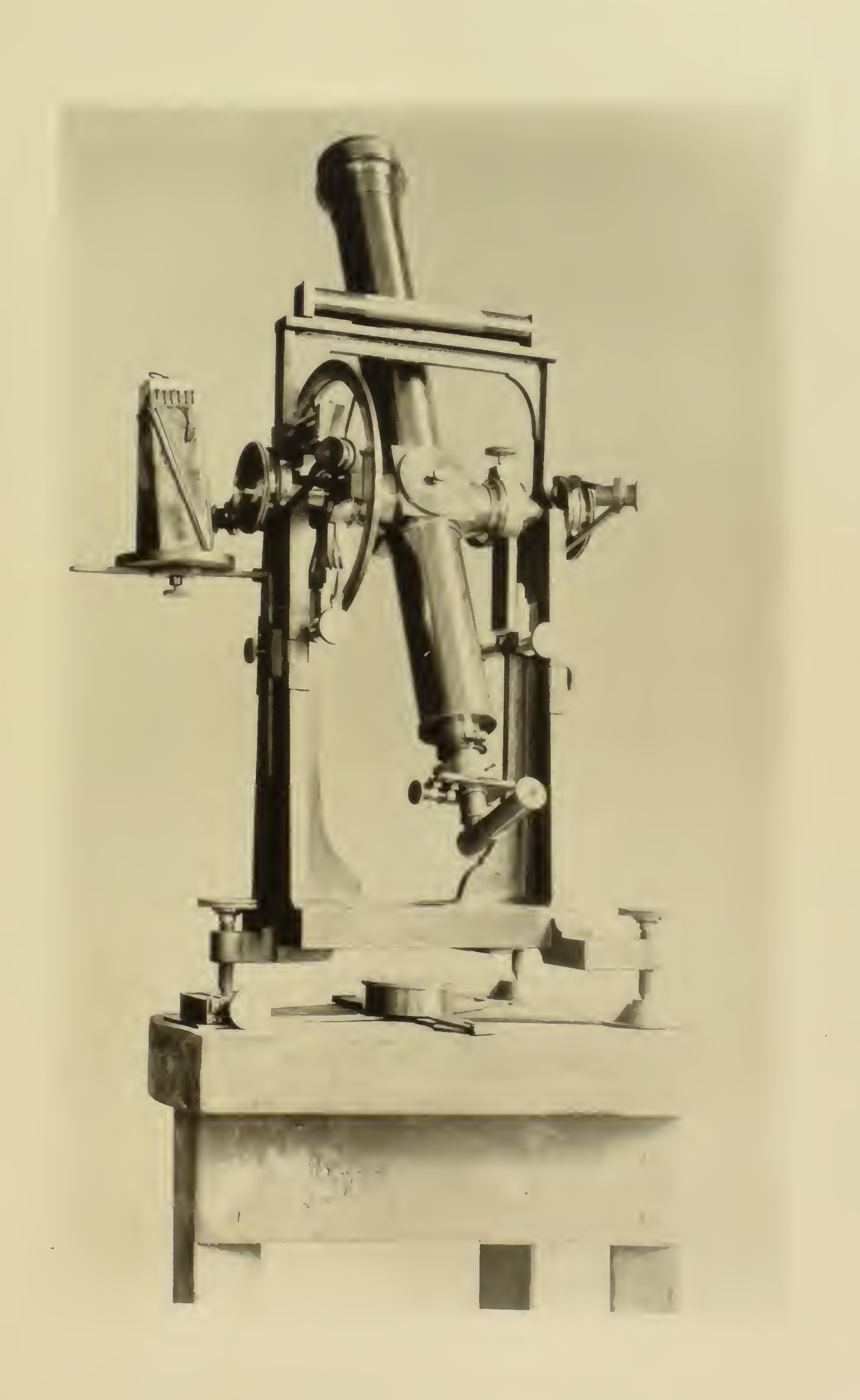
TABLE II.

Pour le calcul de X, les longitudes λ étant comptées à partir de Greenwich, X étant compté en mètres à partir du méridien 20° Est Greenwich.

λ	X	λ	X	λ	X	λ	X
12°.00'	- 890453m	16°.50'	- 352471m	21°.40'	+ 185511m	26°.30'	+ 723493m
10	871902	17.00	333920	50	204062	40	742044
20	853350	10	315369	22.00	222613	50	760595
30	834799	20	296818	10	241164	27.00	779146
40	816248	30	278266	20	259715	10	797697
50	797697	40	259715	30	278266	20	816248
13.00	779146	50	241164	40	296818	30	834799
10	760595	18.00	222613	50	315369	40	853350
20	742044	10	204062	23.00	333920	50	871902
30	723493	20	185511	10	352471	28.00	890453
40	704942	30	166960	20	371022	10	909004
50	686391	40	148409	30	389573	20	927555
14.00	667839	50	129858	40	408124	30	946106
10	649288	19.00	111307	50	426675	40	964657
20	630737	10	92755	24.00	445226	50	983208
30	612186	20	74204	10	463777	29.00	1001759
40	593635	30	55653	20	482329	10	1020310
50	575084	40	37102	30	500880	20	1038861
15.00	556533	50	18551	40	519431	30	1057412
10	537982	20.00	0	50	537982	40	1075964
20	519431	10	+ 18551	25.00	556533	50	1094515
30	500880	20	37102	10	575084	30.00	1113066
40	482329	30	55653	20	593635	10	1131617
50	463777	40	74204	30	612186	20	1150168
16.00	445226	50	92755	40	630737	30	1168719
10	426675	21.00	111307	50	649288	40	1187270
20	408124	10	129858	26.00	667839	50	1205821
30	389573	20	148409	10	686391	31 00	1224372
40	371022	30	166960	20	704942	10	1242923

TABLE D'INTERPOLATION.

λ	X	λ	X
1'	1855.11	1"	30,918
2	3710.22	2	61,836
3	5565,33	3	92,755
4	7420.44	4	123,673
5	9275,55	5	154,591
6	11130,66	6	185,511
7	12985,77	7	216,429
8	14840,88	8	247,347
9	16695,99	9	278,265

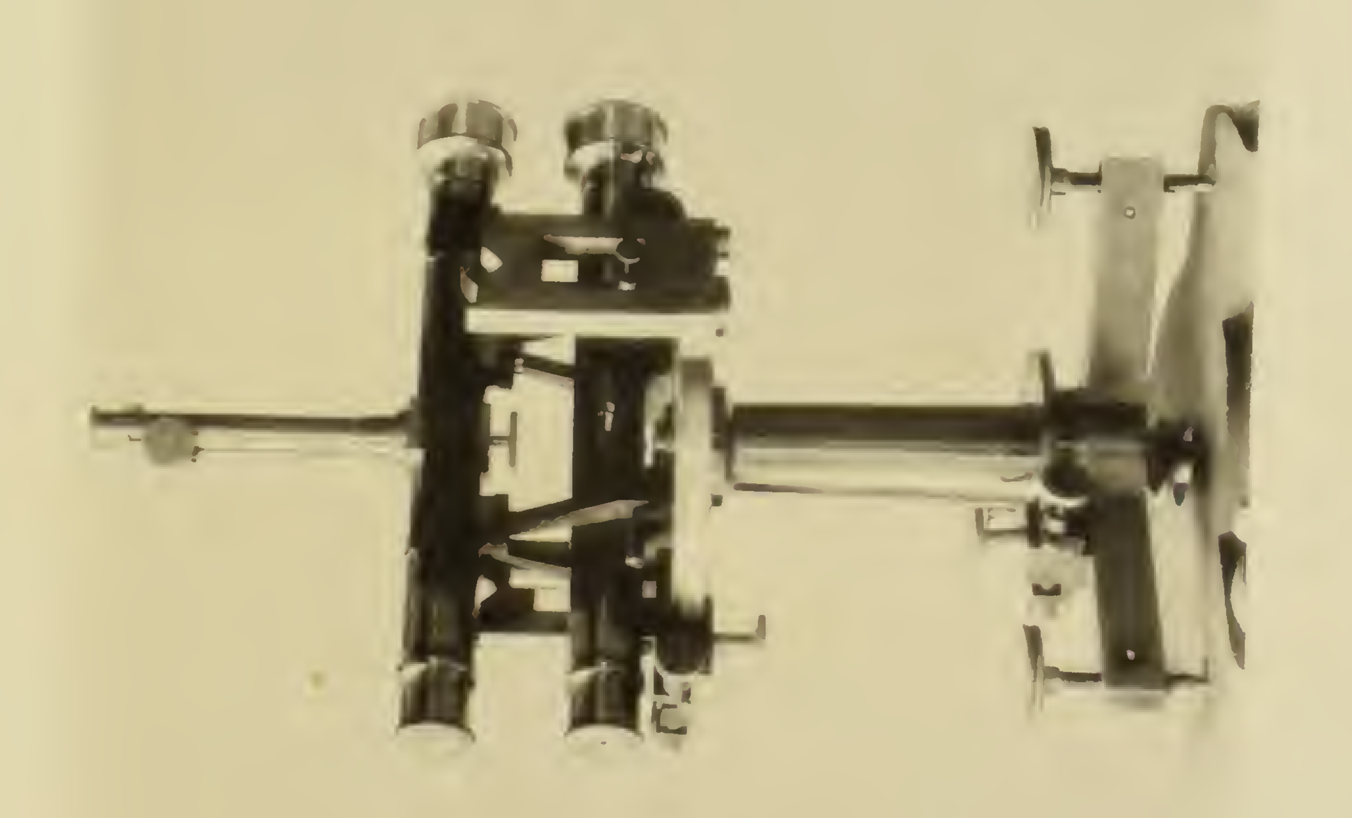





NATURAL HISTORY.








BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

SUR QUELQUES PRODUITS INDÉFINIS

PAR

J. BEAUPAIN

INGENIEUR AU CORPS DES MINES
DOCTEUR EN SCIENCES PHYSIQUES ET MATHÉMATIQUES

(Présenté à la Classe des sciences dans la séance du 5 août 1893.)

SUR

QUELQUES PRODUITS INDÉFINIS

1. Dans une note, *Recherches sur quelques produits indéfinis et sur la constante* G (*), mon savant et vénéré maître, M. Catalan, m'a fait observer l'inexactitude de la formule (159) de mon mémoire, *Sur quelques formules de calcul intégral* (**).

Cette formule contient une erreur de calcul ou une faute de typographie que le lecteur aura facilement rectifiée. Elle doit être remplacée par la suivante :

$$(1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad B(p, p) = \frac{1}{p 2^{p-1}} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \frac{2\lambda(2\lambda + 2p - 1)}{(2\lambda + p - 1)(2\lambda + p)}.$$

Si l'on suppose $p = \frac{1}{2}$, on trouve

$$\frac{\Pi}{2\sqrt{2}} = \frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{8}{7} \cdot \frac{8}{9} \cdot \frac{12}{11} \cdot \frac{12}{13} \cdots,$$

résultat conforme à la formule d'Euler,

$$\sin \Pi x = \Pi x (1 - x^2) \left(1 - \frac{x^2}{4}\right) \left(1 - \frac{x^2}{9}\right) \cdots,$$

pour $x = \frac{1}{4}$.

(*) *Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. LI.
(**) *Ibid.*, t. LII.

2. On peut écrire ainsi la formule (1) :

$$(2) \quad \ldots\ldots \quad B(p,p) = \frac{1}{p2^{p-1}} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \left(1 - \frac{p^2 - p}{(2\lambda + p - 1)(2\lambda + p)}\right).$$

Or, la série

$$S = \sum_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \frac{1}{4\lambda^2 \bmod \left[\left(1 + \frac{p-1}{2\lambda}\right)\left(1 + \frac{p}{2\lambda}\right)\right]}$$

est convergente, quel que soit p, sauf s'il est entier négatif; donc le produit indéfini (2) est absolument convergent, sauf pour p nul ou entier négatif.

3. Dans ses mémoires : *Recherches sur la constante* G *et sur les intégrales eulériennes* (*), *Intégrales eulériennes ou elliptiques* (**), *Recherches sur quelques produits indéfinis et sur la constante* G (***), M. Catalan donne plusieurs formules, qu'on peut obtenir bien facilement par la simple considération de la série de Gauss (IV).

On sait que

$$(3). \quad F(\alpha, \beta; \gamma; 1) = \frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma - \alpha - \beta)}{\Gamma(\gamma - \alpha)\Gamma(\gamma - \beta)} = 1 + \frac{\alpha . \beta}{1 . \gamma} + \frac{\alpha(\alpha + 1)\beta(\beta + 1)}{1 . 2 . \gamma(\gamma + 1)} + \cdots$$

Changeons γ en $\gamma + n$:

$$\frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma - \alpha - \beta)}{\Gamma(\gamma - \alpha)\Gamma(\gamma - \beta)} \prod_{\lambda=0}^{\lambda=n-1} \frac{(\lambda + \gamma)(\lambda + \gamma - \alpha - \beta)}{(\lambda + \gamma - \alpha)(\lambda + \gamma - \beta)} = F(\alpha, \beta; \gamma + n; 1).$$

Si n croît indéfiniment,

$$\frac{\Gamma(\gamma)\Gamma(\gamma - \alpha - \beta)}{\Gamma(\gamma - \alpha)\Gamma(\gamma - \beta)} = \prod_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{(\lambda + \gamma - \alpha)(\lambda + \gamma - \beta)}{(\lambda + \gamma)(\lambda + \gamma - \alpha - \beta)}.$$

(*) *Académie de Saint-Pétersbourg*, t. XXXI, 7e série.
(**) *Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. XLIX.
(***) *Ibid.*, t. LI.
(IV) Dans une lettre, en date du 18 juillet 1892, j'ai communiqué à M. Catalan les résultats consignés dans cette note.

Posons maintenant $\gamma - \beta = q$, $\gamma - \alpha - \beta = p$ et $\beta = m$; par suite,

$$(4) \quad \ldots \ldots \quad \frac{\mathrm{B}(p, q+m)}{\mathrm{B}(q, p+m)} = \prod_{\lambda=0}^{\lambda=\infty} \frac{(\lambda+q)(\lambda+p+m)}{(\lambda+p)(\lambda+q+m)}.$$

4. De la formule (3), on déduit encore par le changement de γ en $n+\alpha+\beta$, n étant entier :

$$\frac{\Gamma(n)\,\Gamma(n+\alpha+\beta)}{\Gamma(n+\beta)\,\Gamma(n+\alpha)} = \mathrm{F}(\alpha, \beta; n+\alpha+\beta; 1);$$

ou

$$\frac{\alpha+\beta}{\alpha\beta} \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=n-1} \frac{\lambda(\lambda+\alpha+\beta)}{(\lambda+\alpha)(\lambda+\beta)} = \mathrm{F}(\alpha, \beta; n+\alpha+\beta; 1).$$

Si n croît indéfiniment, il viendra

$$(5) \quad \ldots \ldots \quad \frac{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)} = \frac{\alpha+\beta}{\alpha\beta} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \frac{\lambda(\lambda+\alpha+\beta)}{(\lambda+\alpha)(\lambda+\beta)}.$$

5. Au moyen de cette même série de Gauss, on peut encore obtenir d'autres développements en produit indéfini.

On sait que

$$(6) \quad \ldots \ldots \quad \mathrm{F}(\alpha, \beta; \alpha+\alpha'; x) = \frac{\Gamma(\alpha+\alpha')}{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\alpha')} \int_0^1 \frac{\theta^{\alpha-1}(1-\theta)^{\alpha'-1}}{(1-\theta x)^{\beta}}\, d\theta.$$

Si $x = -1$, on transforme aisément cette relation en la suivante (*) :

$$(7) \quad \ldots \quad \mathrm{F}(\alpha, \beta; \alpha+\alpha'; -1) = \frac{\Gamma(\alpha+\alpha')}{\Gamma(\beta)\,\Gamma(\alpha+\alpha'-\beta)} \int_0^1 \frac{\theta^{\beta-1}(1-\theta)^{\alpha+\alpha'-\beta-1}}{(1+\theta)^{\alpha}}\, d\theta.$$

Soit maintenant

$$2\alpha + \alpha' - \beta - 1 = 0;$$

(*) *Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. LII.

alors

$$F(\alpha, \beta; 1 + \beta - \alpha; -1) = \frac{\Gamma(1 + \beta - \alpha)}{\Gamma(\beta)\Gamma(1 - \alpha)} \int_0^1 \theta^{\beta-1}(1 - \theta^2)^{-\alpha} d\theta,$$

ou

$$(8) \quad \ldots \ldots \quad F(\alpha, \beta; 1 + \beta - \alpha; -1) = \frac{1}{2} \frac{\Gamma(1 + \beta - \alpha)\Gamma\left(\frac{\beta}{2}\right)}{\Gamma(\beta)\Gamma\left(1 + \frac{\beta}{2} - \alpha\right)}.$$

Remplaçons, successivement, β par $2n + 2\beta + 2\alpha$ et $2n + 2\alpha$:

$$(9) \quad \ldots \quad F(\alpha, 2n + 2\alpha + 2\beta; 2n + \alpha + 2\beta + 1; -1) = \frac{1}{2} \frac{\Gamma(2n + \alpha + 2\beta + 1)\Gamma(n + \alpha + \beta)}{\Gamma(2n + 2\alpha + 2\beta)\Gamma(n + \beta + 1)};$$

$$(10) \quad \ldots \quad F(\alpha, 2n + 2\alpha; 2n + \alpha + 1; -1) = \frac{1}{2} \frac{\Gamma(2n + \alpha + 1)\Gamma(n + \alpha)}{\Gamma(2n + 2\alpha)\Gamma(n + 1}.$$

Dans la relation (10), changeons α en $\alpha + \beta$:

$$(11) \quad \ldots \quad F(\alpha + \beta, 2n + 2\alpha + 2\beta; 2n + \alpha + \beta + 1; -1) = \frac{1}{2} \frac{\Gamma(2n + \alpha + \beta + 1)\Gamma(n + \alpha + \beta)}{\Gamma(2n + 2\alpha + 2\beta)\Gamma(n + 1)};$$

d'où, par comparaison des formules (9) et (11),

$$\frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha + 2\beta)} = \frac{\alpha + 2\beta}{\beta(\alpha + \beta)2^{\beta}} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \frac{\lambda(2\lambda + \alpha + 2\beta)(2\lambda + \alpha + 2\beta - 1)}{(\lambda + \beta)(2\lambda + \alpha + \beta)(2\lambda + \alpha + \beta - 1)}.$$

Puis, par une simple transformation,

$$(12) \quad \ldots \ldots \quad \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)} = \frac{\alpha + \beta}{\alpha\beta} \frac{1}{2^{\alpha}} \prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty} \frac{\lambda(2\lambda + \alpha + \beta)(2\lambda + \alpha + \beta - 1)}{(\lambda + \alpha)(2\lambda + \beta)(2\lambda + \beta - 1)}.$$

Rapprochons cette formule (12) de la relation (5), que nous pouvons mettre sous la forme

$$\frac{\Gamma(\alpha)\,\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)}=\frac{\alpha+\beta}{\alpha\beta}\prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty}\frac{2\lambda(2\lambda-1)(2\lambda+\alpha+\beta)(2\lambda+\alpha+\beta-1)}{(2\lambda+\alpha)(2\lambda+\alpha-1)(2\lambda+\beta)(2\lambda+\beta-1)},$$

il viendra

$$\frac{1}{2^{\alpha+1}}=\prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty}\frac{(2\lambda-1)(\lambda+\alpha)}{(2\lambda+\alpha)(2\lambda+\alpha-1)},$$

ou

(13) . . . . $$\frac{1}{2^{\alpha}}=\prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty}\left(1-\frac{\alpha(\alpha+1)}{(2\lambda+\alpha)(2\lambda+\alpha-1)}\right).$$

Application. $\alpha=-\frac{1}{2}$.

$$\sqrt{2}=\frac{2}{1}\cdot\frac{2}{3}\cdot\frac{6}{5}\cdot\frac{6}{7}\cdot\frac{10}{9}\cdot\frac{10}{11}\cdots\ (^*).$$

6. Dans le mémoire déjà cité : *Intégrales eulériennes ou elliptiques,* M. Catalan trouve la formule

(14) . . . . $$\mathrm{B}(p,p)=\frac{1}{p}\prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty}\frac{\lambda(\lambda+2p-1)}{(\lambda+p-1)(\lambda+p)}.$$

La comparaison des formules (1) et (14) conduit à la relation

$$2^{p}=\prod_{\lambda=1}^{\lambda=\infty}\frac{(2\lambda+p)(2\lambda+p+1)}{(2\lambda+1)(\lambda+p)};$$

puis, par le changement de λ en $\lambda-1$ et de p en $2p$,

(15) . . . . $$2^{2p-1}=\prod_{\lambda=0}^{\lambda=\infty}\frac{(\lambda+p)(2\lambda+2p+1)}{(2\lambda+1)(\lambda+2p)}\ (^{**}).$$

(*) Euler, *Introduction à l'Analyse*, t. I, p. 141.
(**) *Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. XLIX.

7. Des formules (9) et (11), on conclut

(16) . . . . $$2^{\beta} = \lim_{n=\infty} \left[\frac{B(2n + \alpha + 2\beta + 1, n + 1)}{B(2n + \alpha + \beta + 1, n + \beta + 1)} \right].$$

M. Catalan a trouvé

$$2^{\alpha} = \lim_{n=\infty} \left[\frac{B(2n + \alpha + 1, n + 1)}{B(2n + 1, n + \alpha + 1)} \right] (^*).$$

(*) *Mémoires in-4° de l'Académie de Belgique*, t. XLII.

RECHERCHES

SUR

DIVERS OPISTHOBRANCHES

PAR

Paul PELSENEER

(GAND)

(Mémoire couronné par la Classe des sciences dans la séance du 15 décembre 1893.)

Mémoire en réponse à la question posée par l'Académie royale de Belgique
(concours pour 1893 : sciences naturelles) :

On demande de nouvelles recherches morphologiques pouvant éclairer la phylogénie d'un des grands embranchements des Invertébrés.

TABLE DES MATIÈRES.

Première partie.

I. OPISTHOBRANCHES.

II. PULMONÉS.

Seconde partie.

I. RELATIONS MUTUELLES DES OPISTHOBRANCHES.

1° *Rapports des Tectibranches entre eux.*

2° *Rapports des Nudibranches entre eux.*

AVANT-PROPOS

Dans l'embranchement des Mollusques, la classe des Gastropodes est celle dont le développement phylogénétique paraît le plus difficile à reconstituer.

Pour les Streptoneures (ou Prosobranches), on a pu, il est vrai, établir d'une façon assez précise les relations générales que ces animaux présentent *entre eux*. Mais la connaissance qu'on possède des Opisthobranches n'a pas encore permis d'en faire autant pour eux [1]; et, d'autre part, on n'a pas pu davantage montrer les rapports qui unissent les divers groupes de Gastropodes (Streptoneures, Opisthobranches et Pulmonés) les uns avec les autres; il existe même une hypothèse d'après laquelle les Gastropodes seraient polyphylétiques : les Streptoneures auraient une autre origine génétique que les Euthyneures (= Opisthobranches + Pulmonés) et n'auraient pas d'affinités réelles pour eux [2].

[1] « ... die Zeit ist für phylogenetischer Aufklärung der gegenseitigen Beziehungen » der Gruppen der Opisthobranchien noch gar nicht reif ». (Bergh, *Malakologische Untersuchungen* [Semper's Reisen im Archipel der Philippinen], Heft XVIII, 1892, p. 996.)

[2] « In den Gastropoden aber liegt keine einheitliche, keine natürlich begründete Ord- » nung vor, sondern zwei verschiedene Gruppen die unter einander gar keine Beziehung » haben ». (von Jhering, *Versuch eines natürlichen Systems der Mollusken*, p. 25 [Jahrb. d. deutsch. malakozool. Gesellsch., 1876.]) — Cette idée est maintenue et développée dans tous les travaux ultérieurs de von Jhering, notamment dans *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken;* Leipzig, 1877, p. 30, etc.; *Giebt es Orthoneuren?* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XLV, 1887, p. 515, etc.); *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (Bull. scientif. France et Belgique, t. XXIII, 1891, pp. 187, 239, 243, 245, etc.).

Le présent travail a été entrepris pour chercher, dans la mesure du possible, à résoudre ces deux questions :

1° Quelles sont les relations que les Opisthobranches présentent entre eux?

2°. Quels sont les rapports phylogénétiques des Opisthobranches avec les autres groupes de Gastropodes, ou, en d'autres termes, quelles sont les relations phylogénétiques des divers Gastropodes entre eux?

Dans ce but, ont été étudiés : un grand nombre d'Opisthobranches [1], — représentant les principaux types de conformation de cette subdivision, — et divers Pulmonés [2] et Streptoneures.

N'ayant pas à ma disposition les installations et collections d'un laboratoire officiel, mais seulement celles strictement personnelles établies avec mes propres ressources, je n'ai pas fait usage de méthodes compliquées d'investigation histologique non plus que d'appareils optiques fort coûteux; et j'ai dû, pour la réunion des matériaux d'étude, recourir à la bienveillance d'un certain nombre de confrères [3] auxquels j'exprime mes sentiments de bien vive et sincère gratitude.

Dans la première partie de ce travail, je ferai connaître les faits observés sur le matériel étudié; dans la seconde partie, j'exposerai les relations phylogénétiques : 1° celles des Opisthobranches entre eux; 2° celles de ces Opisthobranches avec les autres Gastropodes.

(Gand, le 28 juillet 1893.)

[1] *Actæon*, *Scaphander*, *Bulla* (trois espèces), *Acera*, *Gastropteron*, *Philine*, *Doridium* (deux espèces), *Pelta* (= *Runcina*), *Lobiger*, *Limacina* (deux espèces), *Cymbulia*, *Gleba*, *Clio* (trois espèces), *Aplysia*, *Aplysiella*, *Notarchus*, *Pneumonoderma*, *Clionopsis*, *Clione*, *Tylodina*, *Umbrella*, *Pleurobranchus* (trois espèces), *Pleurobranchæa*, *Tritonia* (deux espèces), *Marionia*, *Dendronotus*, *Tethys*, *Scyllæa*, *Phylliroe*, *Triopa*, *Polycera* (deux espèces), *Ancula*, *Goniodoris* (deux espèces), *Chromodoris*, *Doris* (deux espèces), *Doridopsis*, *Phyllidia*, *Eolis* (quatre espèces), *Glaucus*, *Pleurophyllidia*, *Doto* (deux espèces), *Janus* (deux espèces), *Fiona*, *Hermæa* (deux espèces), *Cyerce*, *Styliger* (= *Ercolania*), *Elysia*, *Limapontia*.

[2] *Auricula*, *Chilina*, *Amphibola*, *Siphonaria*, *Omalonyx* et les principales formes génériques de Pulmonés indigènes.

[3] MM. Appellöf (Bergen), Canu (Boulogne), Giard (Wimereux), Graeffe (Trieste), Günther (Londres), von Jhering (Rio Grande do Sul, Brésil), Joubin (Rennes), Murray (Édimbourg), Nobre (Porto), Posselt (Copenhague), Purdie (Kyneton, Victoria, Australie), Van Beneden (Liége), Vayssière (Marseille).

RECHERCHES

SUR

DIVERS OPISTHOBRANCHES

PREMIÈRE PARTIE

I. OPISTHOBRANCHES [1]

1. BULLÉENS.

A. **Actæon** [2].

a) *Conformation extérieure et enveloppe générale du corps.* — L'animal n'a été représenté, jusqu'ici, que contenu dans sa coquille : par Philippi [3] et par Forbes et Hanley [4]. De sorte que la tête et le pied en sont seul connus.

La coquille enlevée (fig. 1), le manteau présente cette particularité, qu'un cæcum glandulaire, très large à son origine, s'en détache dorsalement vers l'angle postérieur de son bord libre et s'enroule en spirale avec le tortillon viscéral (fig. 6, IV — dans la fig. 1, d'après un animal en alcool, ce cæcum

[1] J'ai réuni les diverses formes en groupes qui m'ont paru convenables pour subdiviser les Opisthobranches et qui se définissent par leurs noms mêmes : Bulléens, Aplysiens et Pleurobranchiens pour les Tectibranches; Tritoniens, Doridiens, Éolidiens et Élysiens (= Sacoglosses s. str.) pour les Nudibranches.

[2] L'espèce étudiée est *A. tornatilis* Lam.; provenance : Méditerranée.

[3] Philippi, *Zoologische Bemerkungen* (Arch. f. Naturgesch., 1844, pl. V, fig. 10.) — C'est cette figure qui est reproduite par Adams (*The genera of recent Mollusca*), Jeffreys (*British Conchology*), Bronn (*Die Klassen und Ordnungen der Weichthiere*) et par les divers traités de conchyliogie.

[4] Forbes et Hanley, *A History of the british Mollusca and their shells*, pl. VV, fig. 7*b*.

est fort contracté). La cavité de ce cæcum, continue avec la chambre palléale, est incomplètement partagée par deux cloisons opposées faisant saillie dans son intérieur et dont l'arête est ciliée (fig. 5). La plus grande de ces deux cloisons (ventrale) se prolonge sur la face inférieure de la cavité palléale, jusque vers le bord extérieur.

Au plafond de la chambre palléale est une glande muqueuse, « hypobranchiale », semi-lunaire (déjà indiquée) [1], entre la branche et le bord libre du manteau; sa structure est celle du même organe chez *Bulla* (voir plus loin). L'ouverture palléale est tout entière au côté droit de la ligne médiane antéro-postérieure (fig. 9). Le bord inférieur de cette ouverture est postérieurement limité par un lobe saillant et aigu (fig. 1, I; 4, I; 9, IV), qui prend un développement plus considérable dans la plupart des autres Bulléens (fig. 16, 22, 33).

b) *Système nerveux et organes des sens.* — Le système nerveux est caractérisé essentiellement par les trois faits suivants :

α) Torsion de la commissure viscérale (fig. 3 et 7);

β) Situation du « collier œsophagien » en avant du bulbe buccal;

γ) Fusion des ganglions pleuraux avec les cérébraux.

Les ganglions cérébraux sont éloignés l'un de l'autre et unis par une commissure antérieure au bulbe et recouverte par les glandes buccales (fig. 7). Chacun d'eux est fusionné avec le pleural correspondant, comme le montrent la commissure viscérale (fig. 3, XIII) naissant des masses cérébro-pleurales et les deux connectifs pédieux (fig. 3, III et XIX) qui en sortent de chaque côté. Une section longitudinale (fig. 2) fait voir les deux centres fusionnés encore assez distincts.

Les ganglions pédieux sont écartés et, comme les cérébraux, situés en avant du bulbe buccal. Outre la grosse commissure pédieuse proprement dite (fig. 3), ils en possèdent une seconde, plus mince (XVI), dont sort un filet nerveux, à gauche de la ligne médiane. Le ganglion de droite donne

[1] PELSENEER, *Report on the Pteropoda* (Anatomy) (ZOOL. CHALLENGER EXPEDIT., part LXVI, pl. I, fig. 6, *a*).

un gros nerf au pénis; du connectif pleuro-pédieux naît de chaque côté un petit tronc nerveux : celui de droite paraît contribuer à l'innervation du pénis (fig. 3, IV).

La commissure viscérale est tordue; sa branche droite passe au-dessus du tube digestif (fig. 7, IX), de droite à gauche : elle présente, peu après sa naissance, un petit renflement ganglionnaire allongé (fig. 3, VI), dont sort un nerf dorsal; elle arrive, plus en arrière et à gauche, au ganglion supra-intestinal assez gros, qui occupe le point le plus à gauche de cette branche (fig. 3, VIII; 7, X). De ce ganglion naît postérieurement un gros nerf branchial, avec un renflement (osphradial) dans le manteau à la base de l'axe branchial. Après le ganglion supra-intestinal, la commissure viscérale se continue en arrière, plus mince; à partir du côté gauche de ce centre, elle oblique légèrement à droite, toujours au-dessus de l'œsophage, puis passe à droite de celui-ci, où elle arrive à un ganglion placé sous le conduit génital (fig. 3, XI). A ce ganglion aboutit également la branche gauche de la commissure viscérale, qui part du ganglion cérébro-pleural gauche, passe sous le tube digestif, de gauche à droite, présente sur son parcours un ganglion très petit avec un nerf palléal (fig. 3, XV), puis arrive à un gros ganglion « infra-intestinal » donnant un nerf palléal à droite, et continue en arrière, à droite de l'œsophage, jusqu'au ganglion abdominal (fig. 3, XI), d'où part un long nerf génital (fig. 3, XII).

La commissure stomato-gastrique est allongée; elle passe en arrière du bulbe, sous l'œsophage, et porte deux ganglions ovoïdes, écartés, situés en dehors des glandes salivaires (fig. 7, VI).

Les yeux, peu profonds, sont analogues à ceux de *Bulla* (fig. 1, V). Les otocystes se trouvent à la face postérieure des ganglions pédieux (fig. 3, XVII) et renferment des otoconies. Il n'y a pas de rhinophore différencié comme dans *Bulla*. Au plafond de la chambre palléale, à la base de l'axe branchial (moins près du bord du manteau que chez les autres Bulléens), il y a sur le nerf branchial un ganglion osphradial (fig. 3, XIV).

c) *Système digestif.* — Le bulbe buccal est recouvert en avant et au côté dorsal par deux grosses glandes (fig. 7, I; 11, VIII), qui s'ouvrent de

chaque côté de la bouche. Chacune est formée de gros follicules débouchant dans un canal central (fig. 8, II).

La cavité buccale est dépourvue de mandibules (comme chez *Scaphander*); mais elle possède une radule bien développée (fig. 7 : saillie postérieure du bulbe) et large [1]. Elle reçoit deux longues glandes salivaires, dont la moitié postérieure seule est un peu renflée et mamelonnée (fig. 10, I) (partie sécrétante).

L'œsophage est long (fig. 11, V); vers son milieu il présente un léger renflement à parois minces. L'estomac est cylindroïdal, allongé; il s'étend jusque dans la spire (fig. 6, III); ses parois sont peu épaisses, sans plaques masticatrices (comme chez *Amphisphyra*).

L'intestin, assez court (fig. 11), naît à la partie antérieure de l'estomac, au côté droit, et présente intérieurement un repli longitudinal (typhlosolis); il débouche sur le plancher de la cavité palléale, à droite du conduit génital, en arrière de l'orifice femelle (fig. 9, V), à une certaine distance de l'ouverture palléale et plus en avant que dans les autres Bulléens.

d) *Système circulatoire*. — Le cœur est situé à la partie postérieure de la cavité palléale, dorsalement et à gauche, dans la cavité péricardique (fig. 6, VI). Son ventricule est en arrière de l'oreillette. Au commencement de l'aorte, à gauche du péricarde, se trouve une glande sanguine (fig. 6, VII), de structure compacte (fig. 12).

La branchie est bipectinée, dirigée en avant, libre sur tout le long de son bord externe et à l'extrémité antérieure de son bord axial (fig. 6, II). Le vaisseau efférent se trouve à gauche du rein (fig. 6, IX), mais des lamelles branchiales s'étendent à droite de ce dernier organe, jusqu'au fond de la cavité palléale. Chaque peigne de la branchie se compose, comme chez les autres Bulléens, d'un assez petit nombre de lamelles plissées, renflées en leur milieu (fig. 6).

e) *Système excréteur*. — Le rein est situé au plafond de la chambre

[1] Cette radule a déjà été représentée par Sars (*Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ*, pl. XI, fig. 1).

palléale (fig. 6, I) et s'étend entre le vaisseau branchial efférent et les lamelles branchiales récurrentes. Son orifice extérieur est situé vers le bord de droite, dans la partie antérieure (fig. 9, IX) et a la forme d'une boutonnière transversale. L'orifice péricardique est à gauche et assez en arrière. L'intérieur du rein est plissé, à lamelles dirigées longitudinalement (fig. 15).

f) *Système reproducteur.* — La glande génitale hermaphrodite [1] est placée dans le tortillon (fig. 13, VI); elle est constituée d'acini mâles et femelles distincts (fig. 14). Le conduit génital hermaphrodite assez large (fig. 13, V), arrivé au plancher de la cavité palléale, se divise en spermiducte et oviducte. Ce dernier présente, sur son parcours, des glandes accessoires, dont la partie postérieure est très pelotonnée (fig. 13, IV), et une poche copulatrice (fig. 13, VII); cet oviducte paraît être à gauche du rectum : cela tient à ce que ce dernier passe au-dessus de lui. Le spermiducte chemine sous les téguments et va directement au pénis, situé à petite distance de l'ouverture palléale (fig. 1, VI), tandis que l'ouverture femelle est cachée sous le manteau (fig. 9, III'). Il est à noter que le pénis est dépourvu de glande « prostatique » et que, fait unique, je pense, chez les Opisthobranches, il n'est pas invaginable.

B. **Scaphander** [2].

a) *Manteau.* — Il existe, comme dans *Actæon,* une glande dorso-postérieure, libre et enroulée dans la spire de la coquille (fig. 16, IV) et à cavité continue avec la chambre palléale. Elle est moins longue que dans ce dernier genre, et plus large, mais de structure analogue (fig. 17) : sa lumière est divisée transversalement par deux saillies à épithélium élevé et cilié; entre les deux saillies, l'épithélium est très bas, sécrétant néanmoins une abondante mucosité; cette structure se conserve sans modification jusque dans l'extrémité distale du cæcum glandulaire.

[1] Clark (*A History of the british testaceous Mollusca*, p. 387) représente *Actæon* comme dioïque.

[2] L'espèce étudiée est *S. lignarius* L.; provenance : océan Atlantique et Méditerranée.

b) *Système nerveux.* — Sa composition est déjà connue [1]. Ses rapports avec le tube digestif n'ont pas été indiqués; ils sont intéressants en ce sens que :

α) Le collier œsophagien est en avant du bulbe buccal (fig. 18, IV);

β) La branche droite de la commissure viscérale, avec son ganglion (fig. 18, V et VII) se trouve au dos du gésier : elle est donc « supra-intestinale »; la branche gauche de cette commissure (XII) est au-dessous du gésier, c'est-à-dire infra-intestinale. Néanmoins, la torsion de la commissure viscérale est moindre que dans *Actæon* (fig. 3 et 7).

L'œil existe, très enfoncé dans les téguments (fig. 18, I) [2]; bien que la rétine présente des caractères de régression, elle est portée sur un gros ganglion.

c) *Système circulatoire.* — Le cœur et la branchie (fig. 19, VI et XI) sont orientés presque transversalement.

d) *Système excréteur.* — Le rein est situé dans le manteau, entre le cœur et le rectum (fig. 19, IX); il est conformé intérieurement comme celui de *Actæon*. Son orifice extérieur est en forme de fente, portée sur une petite saillie, à la partie tout à fait postérieure de l'organe (fig. 21, III).

C. **Bulla** [3].

a) *Manteau.* — C'est chez ce genre que le lobe palléal inférieur est le plus développé : modéré dans *Actæon* (fig. 1, I), plus étendu dans *Scaphander* (fig. 16, V), il se prolonge ici en arrière, au delà de la masse viscérale (fig. 22, VIII). Chez *Bulla utriculus* (fig. 34), il s'étend, par le côté gauche, jusqu'au-dessous de la coquille, qu'il recouvre en partie, en s'unissant antérieurement au bord dorsal de l'ouverture palléale également réfléchi sur la

[1] VAYSSIÈRE, *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés* (ANN. D. SC. NAT., 6e série, t. IX, pl. XI, fig. 101).

[2] Contrairement à l'assertion de Sars : « oculis nullis » (*Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ*, p. 291).

[3] Espèces étudiées : *B. striata* Brug.; provenance : Méditerranée; *B. hydatis* L.; provenance : Méditerranée; *B. utriculus* Broc.; provenance : Manche.

coquille : ce qui montre comment s'est fait l'enfouissement total de cette dernière dans les téguments du manteau, chez les *Philinidæ* (fig. 30, 36, 43).

La glande hypobranchiale, comme chez *Acteon* et *Scaphander*, se trouve au plafond de la cavité palléale, entre la branchie et le bord du manteau. La structure en est la même dans ces trois genres : la glande présente des cryptes autour desquels sont disposées, en rayonnant plus ou moins régulièrement, de grosses cellules muqueuses (fig. 23).

b) *Système nerveux.* — La branche gauche de la commissure viscérale passe *sous* le tube digestif (fig. 20, IX); la branche droite, avec son ganglion (VI), n'arrive plus jusqu'au dos de celui-ci, mais occupe un niveau presque aussi élevé (son point le plus haut étant le ganglion). La torsion de la commissure viscérale est donc plus réduite que dans *Scaphander* et surtout que dans *Acteon*.

Les yeux, assez superficiels dans *Bulla striata*, sont un peu plus profonds dans *B. hydatis, cornea* et *utriculus*. Les rhinophores sont très différenciés et situés sur les côtés de la tête, entre le bouclier céphalique et le pied (fig. 22, III); ils sont formés dans *B. striata* par des plis successifs, tandis qu'ils sont bipectinés chez *B. cornea* et *hydatis* (fig. 22, III) : la multiplication de surface constitue ainsi un appareil semblable à celui des Pleurobranches et des Nudibranches, et une conformation analogue à celle de l'osphradium de divers Streptoneures (ce qui plaide en faveur de l'analogie de fonction entre l'osphradium et le rhinophore). Ces organes pectinés [1] ont, dans leur intérieur, sur des ramifications du nerf olfactif, de nombreux ganglions, envoyant des fibres à l'épithélium (fig. 24).

c) *Système digestif.* — En avant du gésier, divers *Bulla* présentent un renflement œsophagien. C'est chez *B. striata* qu'il est le plus caractérisé (fig. 20, IV) : il y forme une poche dorsale transversale, communiquant avec l'œsophage par un orifice relativement étroit (fig. 25, II); la cavité n'en est pas plissée intérieurement; elle présente un épithélium d'un autre aspect que celui de l'œsophage, mais pas plus élevé (fig. 26, II).

[1] Clark (*loc. cit.*, p. 277) les a pris pour des glandes salivaires accessoires!

D. **Acera** [1].

a) *Système nerveux.* — Il ressemble d'une façon générale à celui de *B. hydatis,* sauf qu'il montre en plus un ganglion infra-intestinal différencié.

Le collier œsophagien est en arrière du bulbe et traversé par les glandes salivaires. Les centres cérébraux (fig. 29, XI) sont accolés (plus encore que dans *Bulla hydatis*). Les centres pleuraux (fig. 29, IX) sont juxtaposés aux ganglions *pédieux* et non aux cérébraux (ce qui est une exception parmi les Bulléens); il existe de chaque côté un nerf pleural (III) se rendant à la paroi latéro-dorsale (cervicale) du corps, et dont la présence s'explique par le grand développement de cette région cervicale chez *Acera* [2].

Les ganglions pédieux sont écartés et ont une seconde commissure postérieure, plus mince (parapédieuse) (fig. 29, VIII), dont sort un nerf, à gauche de la ligne médiane. L'aorte antérieure passe au-dessus de cette seconde commissure et au-dessous de la première, comme dans les Aplysiens [3]. Le pénis est innervé par un nerf pédieux antérieur de droite (II).

La commissure viscérale est très longue; elle porte trois centres, tous assez en arrière. Le plus postérieur (fig. 29, VI) présente un renflement accessoire à gauche (comme chez *Philine* et *Doridium*); le nerf principal qui en sort est le génital; mais ce ganglion ne contribue nullement à l'innervation de la branchie et ne peut donc porter le nom de génito-*branchial* que lui donne von Jhering [4] : c'est le ganglion abdominal. Les deux autres centres de la commissure viscérale ne sont nullement symétriques, contrairement à ce qu'a représenté von Jhering [5]; le ganglion de droite est plus en

[1] L'espèce étudiée est *A. bullata* Müll.; provenance : Méditerranée.

[2] Chez les autres Bulléens on ne voit pas de nerf pleural.

[3] Il n'est donc pas exact de dire que l'aorte passe *complètement en dehors* de la commissure parapédieuse chez les Bullidés (BOUVIER, *Quelques observations anatomiques sur les Mollusques Gastéropodes* [COMPTES RENDUS SOC. BIOL. PARIS, 7 décembre 1892]).

[4] VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 217.

[5] VON JHERING, *loc. cit.*, pl. IV, fig. 17. — La prétendue symétrie des deux ganglions viscéraux supra- et infraintestinaux a été alléguée pour appuyer la métamérisation du corps des Mollusques : « *Akera bullata,* where the posterior somite of the body is so distinct as » to have its separate pair of ganglia... » (GARNER, *Malacological notes* [ANN. MAG. NAT. HIST., 4e série, vol. XIX, 1877, p. 371.])

arrière, plus grand et plus dorsalement situé : c'est le ganglion supra-intestinal; il innerve en effet la branchie (fig. 29, v). Le ganglion de gauche est bien plus petit et se trouve plus en avant et *sous* le tube digestif : c'est le ganglion infra-intestinal (vii).

Les centres stomato-gastriques sont accolés (fig. 29, i); les nerfs pairs antérieurs sortent des connectifs.

Les yeux sont situés tout à fait latéralement; ils sont très peu profonds, à cellules rétiniennes pas très grandes et à bâtonnets bien visibles (fig. 27, ii).

b) Le tube digestif ne présente pas de poche œsophagienne comme chez *Bulla*. Le cœur et la branchie sont disposés transversalement, comme dans *Scaphander*. L'orifice extérieur du rein est une fente ayant les mêmes forme et situation que celui de *Actæon*. Le pénis est rétractile; il possède un appendice prostatique assez étroit (fig. 28, iv) et modérément allongé.

E. **Philine** [1].

a) *Manteau*. — La coquille est interne, comme on sait. Mais la cavité coquillière communique avec le dehors par un étroit canal latéral, situé à la partie postérieure, au côté gauche, où il s'ouvre à la face dorsale (fig. 31, ii), l'orifice externe étant un peu plus en arrière que l'interne. La paroi de ce canal est formée d'un épithélium cilié assez élevé, continu d'une part avec le revêtement épithélial de la cavité coquillière, et d'autre part avec celui du manteau.

Il est difficile, sur de petits spécimens notamment, de voir l'orifice extérieur de la cavité coquillière sans préparation spéciale. Pour le reconnaître aisément sur un exemplaire de grosse taille, le mieux est de fendre, par le milieu, les téguments dorsaux de la cavité coquillière, puis d'en enlever entièrement la moitié droite : en examinant alors celle-ci à la loupe, par transparence, on aperçoit le canal et ses orifices qui forment une tache blanche opaque. Si ensuite on y projette un peu de poudre colorée (du bleu

[1] L'espèce étudiée est *P. aperta* L.; provenance : mer du Nord et Méditerranée.

de Prusse, par exemple), après lavage on voit généralement quelques grains engagés dans l'orifice, qui est ainsi rendu très évident.

Un individu méditerranéen présentait, en outre, au milieu de la face dorsale, un orifice ovalaire beaucoup plus grand (fig. 30, III), laissant à nu une petite partie (2 $^1/_2$ millimètres en longueur) de la surface de la coquille; cet orifice n'est pas, bien entendu, une déchirure artificielle : il a les bords lisses, l'épithélium dorsal continu avec celui de la cavité coquillière.

A l'entrée de la cavité palléale, qui est ventrale (fig. 33, VI), les deux lobes dorsal et inférieur du manteau portent un bourrelet d'épithélium élevé et cilié (fig. 32, VII). Une grande partie du plafond de la chambre palléale est ciliée également, pour activer la circulation de l'eau que la position de l'ouverture palléale ne favorise pas.

A l'extrémité postérieure du corps, au fond de l'espèce d'entonnoir formé par les lobes postérieurs du manteau (fig. 33 et 53, IV), vers la jonction des deux bords de l'ouverture palléale, se trouve un petit organe circulaire, constitué par une dépression à épithélium épais et cilié; dans cette fossette (fig. 54, IV et 55, II) débouchent de nombreuses glandes uni-cellulaires composées.

b) La glande sanguine se trouve au côté intérieur du péricarde, accolée à l'aorte, avec laquelle elle communique, ou, en d'autres termes, de la paroi de laquelle elle n'est qu'une expansion (fig. 35, IV); cette glande est de structure compacte, sans lumière étendue.

F. **Gastropteron** [1].

a) *Glande pédieuse.* — Elle est située à la partie postérieure du pied (fig. 36, X). Vayssière [2] en a indiqué la position, et la situation de son orifice; mais il n'en a pas connu la conformation ni la structure. Elle n'est pas composée de deux amas glandulaires indépendants, mais bien d'une

[1] L'espèce étudiée est *G. Meckeli* Kosse; provenance : Méditerranée.

[2] Vayssière, *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés,* loc. cit., pl. III, fig. 23.

cavité (invagination des téguments ventraux du pied, à ouverture postérieure) à lumière plus grande au fond que vers l'orifice, dans le voisinage duquel elle est trilobée (fig. 38, II); cette cavité est plus dorsale en avant que vers son ouverture; sa paroi est ciliée, les cils du côté ventral étant les plus longs. La cavité est entourée dorsalement et sur les côtés d'une masse de follicules, dont chaque cellule débouche individuellement dans la cavité collectrice.

b) *Osphradium*. — Le ganglion « branchial » (osphradrial) se trouve immédiatement sous la peau, à la partie antérieure de la branchie. Il envoie plusieurs gros filets nerveux à une petite invagination épithéliale dont les cellules sont un peu plus hautes que les environnantes (fig. 37, IV). Les fibres nerveuses de ces filets paraissent venir du nerf branchial (partie préganglionnaire) et non du ganglion osphradial lui-même. *Gastropteron* montre donc un cas de persistance de l'osphradium après la disparition complète de la chambre palléale.

c) *Glande sanguine*. — Elle n'est point (pas plus que celle d'aucun Bulléen) comparable à la glande « hématique » de Perrier [1] : elle ne communique pas avec l'oreillette, mais avec l'aorte, le long de laquelle elle est située. Sa structure est moins condensée (fig. 40, V) que dans les Bulléens en général : la lumière des cæcums dont elle est formée est assez grande; les parois en sont conjonctives, renfermant de nombreuses cellules, dont on voit plusieurs se détacher, devenir libres et constituer des corpuscules sanguins (fig. 42, II).

d) *Rein*. — Vayssière lui a décrit un orifice extérieur situé près de l'anus, *au dos* de la branchie [2], et formé d'un certain nombre de petits trous (cinq

[1] PERRIER, *Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes Prosobranches* (ANN. D. SC. NAT., 7e série, t. VIII, p. 286).

[2] VAYSSIÈRE, *loc. cit.*, p. 37. — Vayssière dit que la place de l'orifice rénal est marquée par un « point noir ». Celui-ci est une glande fortement chargée de pigment (fig. 41, VIII), qui existe aussi chez *Doridium* (fig. 45, III); je présume que cet organe est celui qui a déjà été observé dans les *larves* de plusieurs Tectibranches et pris chez certains d'entre eux pour un œil larvaire! (DE LACAZE-DUTHIERS et PRUVOT, *Sur un œil anal larvaire des Gastéropodes Opisthobranches* [COMPTES RENDUS, t. CV, p. 707.])

ou six). Je n'ai rien vu de pareil, mais j'ai trouvé l'ouverture extérieure du rein au côté *ventral* de la branchie, plus en avant que l'anus et en forme de boutonnière (fig. 36, VIII; 41, V), c'est-à-dire un orifice unique, pareil à celui que j'ai décrit chez les autres Bulléens (*Actæon, Scaphander, Acera, Doridium*).

L'orifice interne (péricardique), non encore vu chez aucun Bulléen, se trouve au côté droit du péricarde, à la hauteur du ventricule (fig. 40, IV); il est large, à gros cils, et s'enfonce d'avant en arrière dans la masse formée par les diverticules rénaux.

G. **Doridium** [1].

a) *Manteau.* — Comme dans *Philine,* la cavité coquillière m'a montré un étroit canal, par lequel elle communique avec le dehors. Ce canal, également situé au côté gauche et à la partie tout à fait postérieure, s'ouvre à la face ventrale, dans l'espace qui sépare le manteau et le pied (fig. 44, IV). Il est encore plus difficile à trouver macroscopiquement que dans *Philine,* à cause de la coloration des téguments. Sur des coupes, on constate qu'il se dirige d'arrière en avant (l'orifice interne est le plus antérieur (fig. 45, VI) et de haut en bas; sa paroi épithéliale est élevée et ciliée (fig. 46, II). Le plafond de la cavité palléale est cilié, comme dans *Philine.*

b) *Système digestif.* — On sait que *Doridium* est tout à fait dépourvu de radule. Néanmoins, au fond de la cavité buccale, sur la paroi inférieure, j'ai trouvé, sur la ligne médiane, un cæcum dirigé d'arrière en avant (fig. 47, VI), à épithélium élevé, dans lequel on peut peut-être voir le rudiment du sac radulaire (fig. 49).

Dans le gésier, au côté dorsal, il y a en arrière une sorte de grande valvule, formée de deux plis longitudinaux, entre lesquels s'ouvre, postérieurement, l'intestin (fig. 51, IV).

[1] Espèces étudiées : *D. membranaceum* Meckel, et *D. carnosum* Cuvier, toutes deux de la Méditerranée.

c) *Système excréteur.* — La cavité palléale étant très réduite, le rein ne peut plus être contenu dans le manteau : il se trouve en arrière, au côté dorsal du corps (fig. 48; 52). Au voisinage de son orifice extérieur, sa cavité, très vaste, n'est presque pas divisée, sa paroi ne présentant guère de ramifications (fig. 52, IV); mais elle l'est davantage ailleurs (fig. 48, IV). L'orifice intérieur est situé au côté gauche (interne) du péricarde : la paroi du conduit réno-péricardique allongé (fig. 48, III) est formée d'un épithélium élevé, dont les cellules sont pourvues chacune d'un gros cil. L'orifice extérieur du rein est en forme de fente; il est situé au côté droit, sous la branchie (fig. 52, III).

H. **Pelta** [1].

a) *Système nerveux.* — Ses éléments principaux ont été décrits par Vayssière, sauf la commissure viscérale. Celle-ci m'a paru être très courte, joignant les deux ganglions viscéraux sous l'œsophage.

Les yeux sont assez profonds (fig. 57, I) et d'une structure semblable à celle des yeux des Bullidæ (fig. 27).

b) *Système digestif.* — Immédiatement en arrière du gésier à quatre plaques, dont la conformation est connue, se trouve l'estomac qui est pour ainsi dire diffus dans la masse du foie, c'est-à-dire que celui-ci, qui a un développement considérable, s'ouvre dans un estomac assez réduit, par des orifices multiples (fig. 56, III); à la partie antérieure de cet estomac naît l'intestin qui est rectiligne et situé au côté droit du corps; l'anus, toutefois, est à peu près médian et à la partie postérieure (fig. 59, IX).

[1] Espèce étudiée : *P. coronata* Forbes; provenance : océan Atlantique et Méditerranée. On doit surtout à Vayssière (*Recherches anatomiques sur les genres* Pelta *et* Tylodina [ANN. D. SC. NAT., 6e série, t. XV, 1883]) ce que l'on sait sur l'organisation de ce petit Opisthobranche, dont la position systématique est encore controversée. Mais la petite taille de *Pelta* n'a pas permis à cet auteur (non plus qu'à Hancock qui l'avait essayé avant lui : *Notices of some new and rare british species of Nacked Mollusca* [ANN. MAG. OF NAT. HIST., 1re série, vol. XVIII, 1846]) de reconnaître d'une façon satisfaisante un certain nombre d'organes, bien qu'il ait eu des spécimens frais à sa disposition. Ainsi s'explique le désaccord sur les affinités de *Pelta*.

c) *Système excréteur.* — Le rein se trouve en arrière, au côté droit; ses parois sont relativement peu ramifiées (fig. 61, II). Il s'ouvre au dehors, sous la branchie, au voisinage de l'anus. L'orifice interne est assez en arrière, au côté droit (extérieur) du rein.

d) *Système reproducteur.* — Parmi les points inconnus, le plus important était la constitution de l'appareil reproducteur.

La glande génitale hermaphrodite s'étend dorsalement, au côté droit du corps, sur toute la longueur (dans les individus mûrs), depuis la masse buccale jusqu'à la partie postérieure (fig. 59, XIII). Elle est formée d'acini mâles et femelles séparés, plus ou moins régulièrement groupés, par place, en régions mâle et femelle (fig. 56 et 58). Dans les spécimens non adultes (qui m'ont paru atteindre une bien plus grande taille dans l'Océan que dans la Méditerranée), cette différenciation n'a pas encore pris place, et l'on voit ovules et spermatozoïdes côte à côte (fig. 61, IV).

Les glandes accessoires femelles sont situées tout à fait postérieurement (en arrière de l'orifice génital) et ventralement, sous le rectum (fig. 59, X); elles sont composées d'épithélium glandulaire élevé, dans lequel on remarque deux régions distinctes.

Le conduit spermoviducal naît de la partie postérieure de la glande hermaphrodite; il est court et dirigé de haut en bas et vers le milieu, passant à gauche du rectum; il arrive alors à la masse glandulaire accessoire susmentionnée, puis se dirige en avant vers le côté droit, présente une petite poche copulatrice et débouche dans le sillon séparant le pied du manteau, un peu en avant de la branchie (fig. 59, V). L'orifice hermaphrodite ainsi constitué est continué en avant par une gouttière spermatique ciliée [1], logée dans la face dorsale du bord du pied (fig. 59 et 60) et conduisant à l'ouverture du sac pénial, auprès de l'œil droit (fig. 57). Au fond de ce sac, le pénis est invaginé; il est creux, très volumineux (fig. 56, VI; 58, XII), à paroi intérieure ciliée vers l'extrémité (fig. 59, III). Il est situé ventralement et s'étend jusque vers le milieu du corps, où il se termine par une petite prostate (fig. 59, XII).

[1] Contrairement à l'assertion de von Jhering, qui dit que *Pelta* est pourvu d'un vas deferens clos (*Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* [Bull. scientif. France et Belgique, t. XXIII, 1891, pp. 220, 226, 229]).

I. Lobiger [1].

a) *Conformation extérieure* (fig. 62). — Les bords de la surface céphalique antérieure sont recourbés de chaque côté de façon à y former deux tentacules (fig. 62, I, II). L'ouverture palléale est entièrement au côté droit de la ligne médiane [2].

b) *Système nerveux*. — Il y a trois paires principales de ganglions (fig. 67). La paire cérébro-pleurale, la seule supra-œsophagienne, est réunie par des connectifs aux deux autres ; elle n'a pas de ganglions tentaculaires; les nerfs optiques sont fort longs. Les deux autres paires ont leurs commissures *sous* l'œsophage, contrairement à ce que dit Mazzarelli [3], d'après qui les centres viscéraux seraient supra-œsophagiens; les ganglions pédieux sont gros, réunis par deux commissures dont la plus ventrale est la plus mince : toutes deux sont situées *sous* l'aorte, tandis que la commissure viscérale passe au-dessus de cette dernière (fig. 65, VII). Les ganglions viscéraux donnent naissance à des nerfs asymétriques : du centre droit (ou « supra-intestinal ») sort le nerf branchial; du gauche (abdominal), le nerf génital, avec deux ganglions accessoires.

Sur le nerf branchial, à l'entrée de la cavité palléale, en avant de la branchie, se trouve un ganglion osphradial (fig. 63, XIV), sous une saillie d'épithélium modifié.

c) *Systèmes circulatoire et excréteur*. — L'oreillette du cœur n'est pas placée à l'extrémité de la branchie, mais vers le milieu de celle-ci, disposition

[1] L'espèce étudiée est *L. philippii* Krohn; provenance : Méditerranée. — Pendant l'achèvement du présent travail, a paru une monographie de *Lobiger* par Mazzarelli (*Ricerche sulla morfologia delle* Oxynoeidæ [Soc. ITAL. D. SCIENZE, t. IX, 1892]), ce qui me permet d'abréger beaucoup en y renvoyant pour les points sur lesquels je me trouve d'accord avec cet auteur.

[2] Elle est longue (voir fig. 63, 64, 69 et 70) et ne constitue nullement une sorte d'« Athemloch », quoiqu'en dise Plate (*Studien über opisthopneumone Lungenschnecken* [ZOOL. JAHRB., Abth. f. Anat. u. Ontog., Bd. VII, 1893, p. 223]).

[3] *Loc. cit.*, p. 12.

qui rappelle celle de divers Bullidæ, notamment de *Bulla cornea*. La branchie est monopectinée (fig. 64, III), ce qui ne se rencontre dans aucun Bulléen; il faut noter toutefois qu'il en est où l'un des deux peignes de la branchie est réduit : *Gastropteron* (fig. 36, III).

Le rein est situé au plafond de la cavité palléale, entre la branchie et le rectum; sa cavité est divisée par des plissements longitudinaux, parallèles aux feuillets branchiaux sous-jacents (fig. 64, II); mais au côté droit, ces plissements disparaissent et il y a une chambre rénale étendue, dans laquelle s'observent quelques grosses concrétions. C'est à ce côté droit, un peu plus en arrière que l'anus, que se trouve l'orifice extérieur du rein (fig. 64, I) qui n'a donc pas la position de l'orifice rénal des « Ascoglosses », comme le veut Mazzarelli [1], mais bien celle de l'orifice des Bullidæ (fig. 9, IX).

d) *Système reproducteur.* — La glande génitale hermaphrodite est constituée d'acini mâles et femelles distincts (fig. 64, 69), mais *non séparés en ovaire et testicule,* contrairement à l'assertion de Mazzarelli [2], ni même en régions spéciales dans la glande, qui est située à gauche et en arrière (fig. 68, IX).

Les conduits des différents acini se réunissent en un conduit commun, spermoviducal (fig. 68, X) et nullement en spermiducte et oviducte séparés, comme le représente Mazzarelli [3]. Ce conduit commun présente sur son parcours les glandes femelles accessoires formant en avant de la glande génitale et au dos du foie, une masse volumineuse (fig. 68, VIII); il se bifurque en conduit mâle et femelle, tous deux parfaitement clos; c'est-à-dire qu'il n'y a pas de gouttière mâle ciliée, depuis un orifice hermaphrodite jusqu'au pénis, comme le disent cependant von Jhering [4] et Bergh [5].

L'oviducte est droit, cylindrique, et s'ouvre au côté droit, en dehors de

[1] *Loc. cit.*, p. 23.

[2] *Loc. cit.*, pl. III, fig. 29.

[3] *Loc. cit.*, fig., p. 16.

[4] VON JHERING, *Zur Kenntniss der Sacoglossen* (NOVA ACTA, Bd. LVIII, pl. XIII, fig. 4).

[5] BERGH, *Die cladohepatischen Nudibranchien* (ZOOL. JAHRB., Abtheilung für Systematik, Bd. V, p. 1).

la cavité palléale, à la hauteur du collier œsophagien. Avant son ouverture, mais tout auprès (fig. 68, IV), il reçoit le conduit de la poche copulatrice, ou vagin, parallèle à l'oviducte, et logé comme lui dans la paroi du côté droit du corps, en arrière; ce vagin se coude à angle droit pour mener à la poche copulatrice ou receptaculum seminis, qui se trouve dorsalement vers la gauche (fig. 68, XII); mais au coude, il se bifurque et donne une seconde petite branche dirigée en arrière, qui conduit à une deuxième poche, postérieure (fig. 68, VI) et plus petite.

Le spermiducte, au sortir du spermoviducte, se dirige vers l'axe et ventralement, et reçoit le conduit d'une grande poche lobulée, située à gauche et ventralement (vésicule séminale) (c'est, je suppose, le prétendu « testicule » de Mazzarelli); puis il tourne vers le côté droit, presque perpendiculairement à la paroi du corps, présentant sur toute sa surface un manchon glandulaire (« prostate ») après lequel il se coude à angle droit et se dirige en avant dans la paroi du côté droit du corps, parallèlement à l'oviducte et au vagin (fig. 66, V), mais plus ventralement et axialement que ces derniers (le vagin étant dorsal et ectaxial). Le spermiducte débouche extérieurement assez loin en avant de la vulve, au côté droit de la tête, près de l'œil, où il se termine par un appendice pénial invaginable (représenté dévaginé sur la fig. 68, II)[1].

Les organes génitaux sont donc assez semblables à ceux de *Actæon* et des Pulmonés basommatophores; ils ont comme caractères spéciaux : la vésicule séminale séparée du conduit génital mâle, et la présence de deux poches copulatrices[2].

[1] Dans les individus jeunes, la glande génitale ne produit que des spermatozoïdes (fig. 63, V); les glandes femelles accessoires occupent alors un volume beaucoup moindre (fig. 63, III) que dans les exemplaires plus âgés, ce qui permet à la glande hermaphrodite de s'étendre plus en avant.

[2] Ces deux poches existent également chez *Lophocercus* : SOULEYET, *Observations sur les genres* Lophocercus *et* Lobiger, fig. 10 (JOURN. DE CONCHYL., t. I).

I. « Ptéropodes » Thécosomes.

a) Limacina [1].

α) *Système nerveux.* — On sait que *Limacina*, malgré son enroulement sénestre, a les orifices génitaux et l'anus au côté droit [2]. L'osphradium, ou organe de Spengel, pouvant aider à déterminer le sens de l'asymétrie des *Limacina* et des Thécosomes droits qui en dérivent, il était intéressant d'en rechercher la situation et l'innervation.

L'osphradium se trouve placé à l'angle gauche de la cavité palléale (fig. 72, II), donc dans la position qu'il occupe chez les Streptoneures *dextres;* il y constitue un long bourrelet ganglionnaire antéro-postérieur.

La commissure viscérale forme, comme on sait, une courte chaîne composée de deux masses ganglionnaires juxtaposées mais asymétriques, la droite (fig. 72, VII) étant beaucoup plus grosse que la gauche. Cette masse ganglionnaire de droite innerve les viscères (organes génitaux, etc.). Quant au nerf de l'osphradium, il en sort également (fig. 72, II′), et il passe *au dos* de l'œsophage, comme le nerf branchial (conduisant à l'osphradium) des Streptoneures monobranchiés et de *Actæon* (fig. 3). La masse ganglionnaire viscérale de droite correspond donc, chez *Limacina*, aux ganglions abdominal et supra-intestinal réunis; et, au point de vue de l'osphradium, *Limacina* se comporte comme *Actæon* et les Streptoneures dextres typiques.

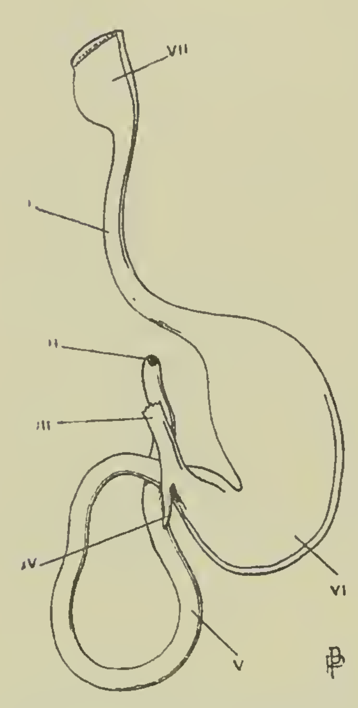


FIG. *A* — Tube digestif de *Limacina retroversa*, vu du côté gauche. I, œsophage; II, anus; III, conduit hépatique; IV, cæcum; V, intestin; VI, estomac; VII, bulbe buccal.

β) *Système digestif.* — La plupart des « Thécosomes » sont caractérisés par la présence d'un cæcum

[1] Les espèces étudiées sont : *L. helicina* Phipps; provenance : détroit de Hudson, et *L. retroversa* Flem.; provenance : mer du Nord.

[2] Pelseneer, *Report on the Pteropoda* (Anatomy) (Zool. Challenger Expedit., part LXVI, pp. 6 et suiv.).

pylorique; cet organe est connu dans *Cavolinia* [1] et dans *Clio* [2] (voir ci-après). Je l'ai reconnu également chez *Limacina*, où il n'avait pas encore été signalé (exemple : dans *L. retroversa*, fig. *A*, p. 22).

Dans tous les Thécosomes droits, ce cæcum est cylindrique, rectiligne et uni au conduit hépatique, ayant la même orientation que ce dernier avec lequel il s'ouvre dans la partie postérieure de l'estomac; ce n'est pas un organe sécrétoire : sa paroi est formée d'épithélium assez épais, à cellules ciliées.

Mais chez *Limacina*, sa position relative diffère un peu de celle qui est propre aux Thécosomes droits : la partie « postérieure » de l'estomac est repliée sur l'antérieure (fig. *A*) et, bien que le conduit hépatique (II) soit dirigé d'avant en arrière, le cæcum (IV) est orienté en sens inverse.

Dans certains Gastropodes les plus voisins des Thécosomes (Tectibranches), il existe un organe identique, par sa situation et sa structure, à ce cæcum cilié : il s'ouvre dans la partie postérieure de l'estomac, au voisinage des orifices hépatiques (exemple : *Aplysia*). Fol considère ce cæcum des Thécosomes comme un reste des sacs nourriciers de la larve [3]. Or, dans *Clio striata*, on voit déjà le cæcum à droite (dans la position qu'il a chez l'adulte), alors que le sac nourricier (probablement le futur foie) se trouve en arrière, encore très fort développé.

γ) *Système reproducteur.* — Dans les deux espèces étudiées, la glande génitale se compose d'acini hermaphrodites, produisant chacun des ovules et des spermatozoïdes (fig. 72, IV).

[1] Exemples : *C. tridentata* (Souleyet, *Voyage de la* Bonite, Mollusques, pl. IX, fig. 14); *C. quadridentata* (Pelseneer, *Report on the Pteropoda*, loc. cit., pl. III, fig. 3); *C. inflexa* (Huxley [« *Cleodora compressa* »], *On the Morphology of the Cephalous Mollusca* [Phil. Trans., 1853, pl. IV, fig. 5]).

[2] Exemples : *C. balantium* (Souleyet, *loc. cit.*, pl. X, fig. 18); *C. acicula* et *virgula* (J. Müller, *Bemerkungen aus der Entwickelungsgeschichte der Pteropoden* [Monatsber. d. k. Akad. Wiss. Berlin, 1857, p. 13]).

[3] Fol, *Sur le développement des Ptéropodes* (Arch. zool. expér., 1re série, t. IV, p. 164).

b) Clio [1].

α) *Système digestif.* — Le gésier de *Clio* et de la plupart des Thécosomes présente, comme on sait, quatre grandes plaques masticatrices. Sous l'épithélium, dont ces plaques constituent la cuticule épaissie, se trouve un épaississement conjonctif cartilagineux, sur lequel s'insèrent les muscles transversaux qui font mouvoir les plaques susdites. Ce cartilage (fig. 73, II) possède la structure « étoilée » considérée jusqu'ici comme spéciale aux Céphalopodes.

Dans tous les *Clio* que j'ai étudiés, existe un cæcum pylorique; il a les rapports et structure de celui des *Limacina,* mais il est orienté dans le même sens que le conduit hépatique. Chez *C. striata,* il est entièrement dorsal et à droite du muscle columellaire; chez *C. pyramidata,* il pointe ventralement et vers le côté droit : dans cette espèce au moins, il renferme des matières ingérées. Chez *C. acicula,* il présente la position de celui de *C. striata;* il y est, comme on le sait, très long, alors que le foie est nul ou à peu près.

β) *Système reproducteur.* — Dans les individus de petite taille, la glande génitale ne renferme généralement que des spermatozoïdes (fig. 76, I); dans les individus les plus grands, elle ne contient que des ovules (fig. 75, *c*) [2]. Chez les spécimens de taille moyenne, la partie céphalique de la glande est composée exclusivement d'acini produisant des œufs, tandis que la portion caudale (fig. 75, *b*), ainsi qu'une mince zone annulaire, entourant la région femelle (fig. 74, III), est entièrement formée d'acini mâles.

1 Les espèce étudiées sont *Clio (Hyalocylix) striata* Rang, *C. (Creseis) acicula* Rang et *C. pyramidata* Linné; provenance : Méditerranée.

2 Dans certains de ces derniers, il n'y a pas trace de pénis. Le Dr Paul Schiemenz qui a, le premier, constaté cette particularité, et me l'a fait remarquer, pense que ces individus n'ont jamais pu fonctionner comme mâles. Les *Cymbuliidæ* sont également protandriques (*Cymbulia* : Leuckart; *Desmopterus* : Chun). Chez les *Gleba* de moyenne taille que j'ai étudiés, j'ai trouvé, dans chaque acinus de la glande génitale, des œufs et des spermatozoïdes.

K. **Bulléens en général** (rapports du système nerveux avec le tube digestif).

a) *Torsion de la commissure viscérale.* — Les Opisthobranches, et avec eux les Bulléens, sont réputés avoir un système nerveux « orthoneure » ou encore « astrepsineure » [1], c'est-à-dire à commissure viscérale non tordue, tout entière (avec ses éléments ganglionnaires) en dessous du tube digestif.

Or, l'examen du système nerveux en place, chez la plupart des Bulléens, montre que la commissure viscérale, si elle n'est pas aussi tordue que chez les Streptoneures, présente au moins très manifestement des traces de la même torsion : c'est-à-dire que sa moitié gauche passe obliquement sous l'œsophage, tandis que la moitié droite se trouve située en grande partie au-dessus du tube digestif (*Actæon*, fig. 3 ; *Scaphander*, fig. 18), ou, si elle n'est plus nettement au-dessus, se trouve au moins sur le côté, à un niveau beaucoup plus élevé que la moitié opposée (*Bulla*, fig. 22, *Acera*, etc.). De sorte qu'on peut appeler avec raison *supra-intestinal*, le ganglion situé dans cette moitié, et qui correspond d'ailleurs au ganglion de ce nom des Streptoneures, ayant le même champ d'innervation que lui (branchie, osphradium) [2].

b) *Rapports du bulbe buccal et du collier œsophagien.* — On sait que dans les Streptoneures, seulement quelques formes les plus archaïques (Rhipidoglosses, Docoglosses, *Ampullaria*) ont leur collier nerveux (commissures cérébrale et pédieuse) en avant du bulbe buccal.

La même disposition existe aussi chez plusieurs Bulléens : *Actæon* (fig. 7), *Scaphander* (fig. 18), *Bulla striata* (fig. 22), *Philine, Doridium ;* mais chez d'autres (*Bulla hydatis, B. cornea, Acera*), le collier est en arrière du bulbe.

[1] « *Ici* » (Pleuroneures = Bulléens + Aplysiens) « *la torsion n'existe pas* ». (DE LACAZE-DUTHIERS, *La classification des Gastéropodes basée sur les dispositions du système nerveux* [COMPTES RENDUS, t. CVI, p. 722]).

[2] Bouvier (*Système nerveux, morphologie générale et classification des Gastéropodes Prosobranches* [ANN. D. SC. NAT., 7e série, t. III, pp. 353 et 354]) homologue à tort le ganglion *branchial* (osphradial) des Bulléens au supra-intestinal des Streptoneures.

c) *Tendance générale à la concentration du système nerveux vers la face dorsale du tube digestif :*

α) Rapprochement des ganglions cérébraux : écartés chez *Actæon* (fig. 3), *Scaphander* (fig. 18), *Bulla striata* (fig. 22), ils sont plus rapprochés dans *Bulla hydatis, Bulla cornea,* juxtaposés chez *Acera* (fig. 29), *Pelta* (fig. 58), *Lobiger* (fig. 67) ;

β) Fusion des centres pleuro-cérébraux, chez *Actæon* (fig. 3) ;

γ) Migration du ganglion supra-intestinal vers le ganglion pleural droit et dénudation de la commissure viscérale : chez *Philine* et *Doridium,* le ganglion supra-intestinal, qui se trouve situé, ailleurs, en arrière sur la commissure viscérale, est accolé au centre pleural droit; de même chez *Gastropteron,* où, en outre, le ganglion abdominal a tout à fait disparu et où le ganglion infra-intestinal (qui manque aux deux genres précédents) est juxtaposé au pleural gauche, de sorte que la commissure viscérale y est nue, c'est-à-dire dépourvue d'éléments ganglionnaires.

2. APLYSIENS.

a) Aplysiella [1] et Notarchus [2].

α) *Système nerveux* (Aplysiella). — J'ai autrefois représenté les centres nerveux de profil, sans description [3]; et Vayssière [4] a indiqué aussi la ressemblance de cet Aplysien avec *Notarchus,* au point de vue de ce système.

Les centres pédieux (fig. 81, xi), volumineux et accolés, outre la commissure qui les unit antérieurement, en présentent une seconde, postérieure, longue et mince, naissant de chaque côté à la partie postéro-latérale des ganglions et donnant issue à un petit nerf pédieux vers son milieu. L'aorte passe au dos de cette commissure postérieure et sous la commissure antérieure, comme dans *Aplysia.* Le nerf du pénis naît du centre pédieux droit.

[1] L'espèce étudiée est *A. petalifera* Rang; provenance : Méditerranée.

[2] L'espèce étudiée est *N. punctatus* Philippi; provenance : Méditerranée.

[3] Pelseneer, *Report on the Pteropoda,* loc. cit., pl. V, fig. 3.

[4] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille,* I (Ann. Mus. Marseille, Zoologie, t. II, p. 91).

Les ganglions pleuraux donnent chacun un nerf latéral (fig. 81, x) qui s'anastomose avec un nerf latéral pédieux, formant avec lui un plexus cervical qui existe aussi chez certains *Aplysia* et chez les Gymnosomes [1].

Les centres viscéraux, au nombre de deux, sont accolés l'un à l'autre; le droit est juxtaposé au pleural droit, tandis qu'entre le pleural et le viscéral gauches, il y a une courte branche de la commissure viscérale visible (fig. 81). Le centre droit est le supra-intestinal; il en sort, en effet, le nerf branchial sur lequel se trouve le ganglion osphradial (fig. 81, vi).

β) *Osphradium* (Aplysiella et Notarchus). — L'osphradium, avec son ganglion, est situé à la base de la branchie (fig. 80, i); il constitue une légère excavation circulaire, dont les forme, situation et innervation sont pareilles à celles du même organe chez les Gymnosomes, par exemple *Clione* [2]. Le ganglion osphradial est de même immédiatement sous l'épithélium, qui est plus élevé que tout autour (fig. 79). La structure de tout l'appareil est conforme à ce qu'on observe dans les autres Aplysiens, les Bulléens (*Gastropteron*, fig. 37; *Lobiger*, fig. 63) [3] et *Tylodina* (fig. 82). Ce résultat confirme entièrement l'opinion de Spengel [4] : que le ganglion « branchial » des Opisthobranches est leur ganglion « olfactif », c'est-à-dire osphradial.

b) Gymnosomes [5].

α) *Système nerveux* (Clione). — Il existe deux commissures pédieuses, dont les rapports avec l'aorte doivent être examinés, d'après von Jhering [6],

[1] Pelseneer, *Recherches sur le système nerveux des Ptéropodes* (Arch. d. biol., t. VII, pl. IV, fig. 2, 5, 6, *x*).

[2] Pelseneer, *Report on the Pteropoda*, loc. cit., pl. V, fig. 6, 7.

[3] Comme l'a déjà reconnu Bernard (*Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes Prosobranches* [Ann. d. sc. nat., 7e série, t. IX, p. 253]).

[4] Spengel, *Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. XXXV, p. 319).

[5] Espèces étudiées : *Clione limacina* Phipps; provenance : détroit de Hudson; *Pneumonoderma mediterraneum* Van Beneden et *Clionopsis Krohni* Troschel; provenance : Méditerranée.

[6] von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (Bull. scientif. France et Belgique, t. XII, p. 202).

avant de les comparer avec celles des Aplysiens (fig. 81). L'aorte passe entre les deux, au-dessus de la plus mince et longue, comme dans les Aplysiens (fig. 78, III) : cette dernière commissure correspond donc bien à celle qu'on a appelée la « parapédieuse » des Tectibranches.

β) *Système reproducteur* (Pneumonoderma). — La glande hermaphrodite présente une région centrale exclusivement composée d'acini mâles, et une région périphérique entièrement femelle (fig. 77, II). La même chose s'observe chez *Clionopsis*.

3. PLEUROBRANCHIENS.

A. **Tylodina** [1].

La tête est conformée comme celle des Pleurobranches, c'est-à-dire qu'elle a deux paires de tentacules, dont les antérieurs sont réunis par leur base en formant une sorte de voile antérieur.

Le système nerveux de *Tylodina* a, parmi les Pleurobranchiens, un caractère archaïque, en ce sens que sa commissure viscérale présente encore trois ganglions distincts [2] : infra-intestinal, abdominal (innervant essentiellement les organes génitaux) et supra-intestinal (dont sort le nerf branchial). Alors que dans les *Umbrella* et Pleurobranchidæ existe, à la base du tentacule postérieur ou rhinophore, un gros ganglion tentaculaire ou olfactif, il n'y a, chez *Tylodina,* rien de pareil ; mais, par contre, *Tylodina* est le seul Pleurobranchien qui possède encore un ganglion osphradial et un osphradium (fig. 82, I) sur le nerf branchial, au bord droit du manteau, en avant de la branchie [3].

Les yeux sont superficiels, et plus semblables par leur structure à ceux des Bulléens (exemple : fig. 27, *Acera*) qu'à ceux des Pleurobranches (fig. 94).

[1] Espèce étudiée : *Tylodina citrina* Joannis ; provenance : Méditerranée.

[2] VAYSSIÈRE, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, loc. cit., pl. V, fig. 135.

[3] A part ce fait de l'existence d'un ganglion osphradial, qui n'était pas connu, je renvoie pour le système nerveux, à la description détaillée donnée par Vaissière (*loc. cit.*, p. 158).

L'estomac est musculeux (à enveloppe formée de muscles circulaires), à plis longitudinaux (sous lesquels existent des fibres musculaires longitudinales); sur les plis se trouvent des épaississements chitineux (fig. 82, VI) cuticulaires.

Le cœur est situé tout à fait à droite, comme dans les Pleurobranchidæ, et non au milieu du dos, comme chez *Umbrella*. Une glande sanguine existe, comme chez les Pleurobranches : elle se trouve sous le péricarde, au-dessus des glandes génitales accessoires. La branchie ne se prolonge pas au-dessus de la nuque, comme chez *Umbrella*, mais est tout entière au côté droit, ainsi qu'elle est dans les Pleurobranches.

Les organes génitaux sont plus semblables à ceux des Pleurobranches que des Umbrelles, notamment par les orifices mâle et femelle contigus, placés au côté droit, en avant. La glande hermaphrodite est composée d'acini mâles et femelles séparés; chez *Umbrella*, les acini eux-mêmes sont tous hermaphrodites.

B. **Pleurobranchus** [1].

a) *Système nerveux*. — La composition du système nerveux de ce genre est connue (par les travaux de Lacaze-Duthiers [2] et von Jhering [3]). Aussi me bornerai-je à indiquer quelques points de nature à compléter ou rectifier les données de ces auteurs.

Les centres pleuraux et cérébraux ne sont pas fusionnés au point de n'être pas distincts l'un de l'autre, comme l'a décrit et représenté Lacaze-Duthiers [4]. Il existe une commissure sub-cérébrale (comme dans *Pleurobranchæa*, voir ci-après), mais il est impossible de la représenter sur une

[1] Les espèces étudiées sont *P. plumula* Montagu; *P. Meckeli* d. Chiaje; *P. testudinarius* Cantraine; provenant toutes trois de la Méditerranée.

[2] Lacaze-Duthiers, *Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orange* (Ann. d. sc. nat., 4e série, t. XI, pp. 275 et suiv.).

[3] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 267, fig. 8.

[4] Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, pl. XI, XII.

figure à l'échelle réelle. Il n'y a pas de connectif entre la commissure viscérale et les centres pédieux, contrairement à ce que dit Lacaze-Duthiers [1]; mais sur les coupes, on reconnaît l'existence de fibres connectives allant des centres pédieux aux ganglions pleuraux distincts des cérébraux (fig. 83, II); ceux-ci sont accolés aux pédieux, contrairement à ce que représente Lacaze. Ces ganglions pleuraux sont formés de cellules particulièrement grosses et faisant individuellement saillie.

Le pénis est innervé par un nerf pédieux de droite (fig. 83, III′) qui porte un petit ganglion allongé, vers son extrémité.

La commissure viscérale présente, dans sa moitié droite, un petit ganglion dont sortent les nerfs branchial et génital et deux autres petits nerfs viscéraux (fig. 83); ce ganglion est également formé de grosses cellules (les deux « moitiés » qu'y signale von Jhering [2], sont deux cellules); mais la configuration n'en est pas constante d'un individu à un autre (*P. Meckeli*) (fig. 83, IV).

L'otocyste n'est pas situé entièrement sur le ganglion pédieux (Lacaze-Duthiers [3]), ni entièrement sur le pleural (von Jhering [4]), mais entre les centres cérébral et pédieux (fig. 84, II), recevant ses fibres du premier.

b) *Système excréteur.* — Le rein s'étend en arrière sur toute la partie dorsale du corps et même sur les côtés latéraux (fig. 85, IX); il est fort peu ramifié et constitue un sac aplati. Sa communication avec le péricarde, qui n'était pas connue, est effectuée par un assez long conduit (X) (comme dans *Pleurobranchæa,* voir ci-après), situé au côté droit, contre la paroi supérieure du rein, et allant d'avant en arrière.

c) *Système reproducteur.* — La glande génitale, contrairement à ce que dit Lacaze-Duthiers [5], est composée d'acini exclusivement mâles ou femelles (fig. 85, V, VII), comme chez *Pleurobranchæa.*

[1] Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, pl. XI, fig. 2; pl. XII, fig. 1.
[2] von Jhering, *loc. cit.*, p. 267.
[3] Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, pl. XII, fig. 3.
[4] von Jhering, *loc. cit.*, pl. II, fig. 8.
[5] Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, p. 264 : « Les éléments d'un sexe sont produits à côté de ceux d'un autre sexe. C'est dans le même grain que se développent les œufs et le sperme. »

C. **Pleurobranchæa** [1].

a) *Manteau et organes tégumentaires.* — Von Jhering parle encore d'une *cavité* coquillière dans ce genre [2]; il n'y a cependant pas trace, dans l'épaisseur du manteau, de cavité coquillière, pas plus que de coquille [3], comme je l'ai déjà indiqué [4].

La glande pédieuse ventrale postérieure déboucherait, d'après Vayssière [5], par un canal s'ouvrant au sommet du tubercule dorsal postérieur (fig. 87, I); Rawitz, qui a étudié la structure de cette glande [6], ne mentionne rien de semblable. Mes observations, par dissection et par coupes, confirment celles de Rawitz : c'est-à-dire que chaque cellule de la glande débouche individuellement à la face ventrale du pied; il n'y a aucune trace de canal excréteur; mais des fibres musculaires rétractrices du tubercule dorsal vont, d'avant en arrière, de la face ventrale du pied à l'extrémité de ce tubercule (fig. 87, III) et ont pu être prises pour un conduit de la glande.

Il y a, en avant de la branchie des Pleurobranchides, un orifice qui a été décrit par Lacaze-Duthiers [7] comme « orifice extérieur de la circulation », malgré que Leue [8] et Delle Chiaje [9] l'aient formellement indiqué, avant lui, comme l'orifice d'une glande. Le temps n'est plus où l'on soutenait l'introduction de l'eau dans le sang, et la plupart des prétendues « communications

[1] L'espèce étudiée est *Pleurobranchæa Meckeli* Leue; provenance : Méditerranée.

[2] VON JHERING, *Zur Kenntniss der Sacoglossen* (NOVA ACTA, Bd. LVIII, p. 401).

[3] PELSENEER, *Sur le manteau de* Scutum (ANN. SOC. MALACOL. BELG., t. XXIV [1889], p. 387).

[4] Pas plus que chez *Pelta*, parmi les Bulléens.

[5] VAYSSIÈRE, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, loc. cit., p. 103.

[6] RAWITZ, *Die Fussdrüse der Opisthobranchier* (ABHANDL. D. K. AKAD. D. WISS. BERLIN, 1887, p. 8.

[7] LACAZE-DUTHIERS, *Histoire anatomique et physiologique du Pleurobranche orange*, loc. cit., p. 250, pl. IX, fig. 2.

[8] LEUE, *De Pleurobranchæa* (Dissertatio inauguralis). Halle, 1813; p. 2 : « Secundum » foramen ad glandulam »; fig. 1, 2, *g*.

[9] DELLE CHIAJE, *Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vertebre*, t. IV, p. 151 : « apertura della glandula presso la branchie »; pl. XL, fig. 1, *n*.

du système circulatoire avec l'extérieur » ont été reconnues nulles ou autre chose. Tel est le cas pour l'orifice en question des Pleurobranchides : Bourne a montré que chez *Pleurobranchus,* cet orifice mène dans une glande sans rapport avec l'intérieur [1].

Il en est de même chez *Pleurobranchæa :* la glande y est située sous le péricarde (fig. 99, v), dans la région où se trouve l'oreillette. Sa paroi est fortement plissée et formée d'un épithélium cilié; cet épithélium n'est aplati qu'à l'extrémité tout à fait opposée à l'ouverture extérieure. En aucun point, l'organe n'a d'orifice interne (fig. 86).

b) *Système nerveux* (fig. 90). — Les ganglions cérébraux et pleuraux sont supra-œsophagiens et réunis en une masse médiane, sur le bulbe buccal, tandis que les centres pédieux sont ventraux, mais séparés et situés vers les côtés, réunis par une longue commissure infra-œsophagienne.

Les ganglions pleuraux sont joints aux cérébraux, comme ils le sont déjà dans beaucoup de Bulléens, de sorte que, de chaque côté de la masse buccale, il y a deux longs connectifs (fig, 90, XIV, XV) cérébro-pédieux et pleuro-pédieux, dont le second est le plus gros. La masse formée par les ganglions cérébraux et pleuraux est renfermée dans une épaisse enveloppe de tissu conjonctif condensé (fig. 92, II) [2]. Dans ce « crâne » conjonctif se trouve un espace sanguin (fig. 92, III) baignant les ganglions et communiquant en trois endroits (sur la ligne médiane et en deux points latéraux symétriques) avec un vaisseau dorsal transversal antérieur.

Mais si les deux ganglions pleuraux sont accolés aux deux cérébraux, ils ne le sont pourtant pas entre eux, et sont (contrairement à la figure de von Jhering [3]) séparés l'un de l'autre, c'est-à-dire qu'aucune fibre nerveuse

[1] Bourne, *On the supposed communication of the vascular system with the exterior in Pleurobranchus* (Quart. Journ. micr. sc., vol. XXV, p. 429; pl. XXIX, fig. 5).

[2] Cette enveloppe est parfaitement comparable au « crâne » cartilagineux des Céphalopodes; son existence est expliquée par l'absence de coquille et la nécessité, pour l'animal, de protéger ses centres nerveux.

[3] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, pl. II, fig. 7.

ne passe transversalement *de l'un à l'autre* (on sait que dans aucun Mollusque, les ganglions pleuraux ne sont commissurés). Une coupe sagittale voisine du plan médian (fig. 92) ne laisse aucun doute à ce sujet : elle montre, en effet, seulement des cellules ganglionnaires dans le centre pleural qu'elle effleure et plus de fibres, tandis qu'on voit dans le centre cérébral le gros faisceau de fibres formé par la commissure cérébrale (fig. 92, IV).

Les centres supra-œsophagiens sont fortement lobés, surtout les cérébraux (fig. 90 et 92), notamment au dos et vers le milieu, où l'on voit un lobule sensoriel dont naissent les nerfs tentaculaire (rhinophorique) et optique, longs tous deux, et le premier terminé par un gros ganglion, tandis que le second a un renflement ganglionnaire à sa naissance. Le nerf otocystique fait issue plus latéralement, entre les connectifs cérébro-pédieux et pleuro-pédieux. Les autres « nerfs » cérébraux sortent vers le bord antéro-extérieur du ganglion et innervent, comme on le sait déjà, la trompe, le voile (tentacules antérieurs unis) et les téguments voisins de la bouche. Le plus postérieur de ces nerfs est uni à son homonome par un filet transversal, passant sous la masse buccale et correspondant à ce qu'on a appelé « commissure labiale » chez *Doris tuberculata*[1] et dans divers Pulmonés (*Limnæa, Vaginula*); en réalité, c'est une simple anastomose.

Un vrai cordon *commissural* cérébral infra-œsophagien naît du point le plus latéral des ganglions cérébraux (en arrière et à côté du nerf postérieur); il accompagne les connectifs pédieux et la commissure pédieuse dans une enveloppe conjonctive commune (fig. 91, I; fig. 88, XII) : c'est la commissure subcérébrale.

Les connectifs cérébro-pédieux et pleuro-pédieux n'ont pas leur origine dans la même région (cérébrale, comme l'indique la figure citée de von Jhering); le second sort nettement de la masse ganglionnaire supra-œsophagienne postérieure ou pleurale (fig. 90, XV). Les ganglions pleuraux donnent encore, postérieurement : celui de gauche, deux nerfs palléaux, celui de droite, un seul. Enfin, il en sort aussi la commissure viscérale : la branche droite, assez en arrière, c'est-à-dire éloignée du connectif pleuro-

[1] ALDER et HANCOCK, *A Monograph of the british Nudibranchiate Mollusca*, p. 17.

pédieux (fig. 90, x), la branche gauche, latéralement, dans le voisinage de ce connectif, et entourée de la même enveloppe conjonctive qui recouvre les deux connectifs pédieux, la commissure subcérébrale et le nerf otocystique. Il n'est pas possible, dans une figure à l'échelle réelle (fig. 90), de montrer ces cinq cordons coexistant dans une enveloppe unique (non plus que les trois de la commissure pédieuse ci-après); c'est pourquoi un schéma complémentaire représente le système nerveux central de *Pleurobranchæa*, avec tous les cordons nerveux (commissures, connectifs, nerfs) à la même épaisseur et écartés les uns des autres (fig. 88).

La branche droite de la commissure viscérale, qui est libre, au contraire (fig. 90, x), présente postérieurement un assez gros ganglion viscéral (= abdominal + supra-intestinal, ou « génito-branchial ») dont naissent deux nerfs postérieurs : le génital, qui s'en va plus vers l'axe, avec un ganglion « génital accessoire » (fig. 88, VIII) en arrière, et le branchial, qui passe plus latéralement et au-dessus de la glande prébranchiale, parcourt la base de l'axe branchial, mais n'y offre plus de ganglion (osphradial) spécialisé.

Les ganglions pédieux sont unis par deux gros troncs commissuraux (fig. 88, X et XI) dans l'enveloppe desquels passe aussi la commissure subcérébrale (fig. 88, XII et 91, I) et auprès desquels chemine la commissure viscérale (fig. 91, IV). Outre les nerfs pédieux proprement dits, il sort encore du ganglion pédieux droit un gros nerf destiné au pénis, et vers l'extrémité duquel se trouve un fort ganglion (fig. 90, VII), déjà vu par Leue [1].

La commissure stomato-gastrique (ou connectif cérébro-buccal) naît à la face inférieure des centres cérébraux (fig. 95, I); elle paraît formée d'un double cordon, mais le plus extérieur des deux est un faisceau musculaire. En son milieu, elle offre, sous l'œsophage et contre la masse buccale, deux gros ganglions buccaux d'où sortent les filets innervant la plus grande partie de la masse buccale (fig. 90, V) et le nerf œsophagien; sur ce dernier, à petite distance du centre buccal, se trouve un ganglion accessoire, correspondant au « gastro-œsophagien » des Nudibranches (fig. 90, IV).

[1] LEUE, *loc. cit.*, fig. 14, *d*.

Le tentacule postérieur ou rhinophore est fendu sur toute sa longueur, et sa paroi intérieure présente une surface plissée, dans laquelle se distribuent les ramifications du ganglion tentaculaire.

L'œil est profond, c'est-à-dire situé à une assez grande distance de la surface du corps, dans les téguments de la tête. Il est de forme pyramidale et est caractérisé par le petit nombre de ses cellules rétiniennes (sur une coupe axiale, fig. 94, on en voit trois). Ces cellules montrent une structure nettement réticulée et un noyau superficiel; leur partie axiale est dépourvue de pigment; chacune porte un bâtonnet aplati.

L'otocyste est logé dans l'épaisseur du « crâne » conjonctif, sur le côté extérieur du ganglion pédieux (fig. 89, II et 90, XIII), et non sur ce ganglion; le nerf otocystique vient du ganglion cérébral et accompagne les connectifs pédieux, dans une gaine commune (fig. 93, IV).

c) *Système circulatoire*. — Le cœur est obliquement transversal, le ventricule plus en avant et dirigé à gauche (fig. 99, II); l'oreillette fait peu saillie dans l'intérieur du péricarde. La partie extra-péricardique de l'oreillette communique avec le sinus palléal (fig. 99, XII), qui n'y porte cependant pas du sang *veineux*, étant donnée la fonction respiratoire du manteau (comme dans les Nudibranches).

L'aorte est immédiatement bifurquée, dans l'intérieur même du péricarde, en deux vaisseaux, antérieur et postérieur (fig. 99, I); entre eux naît un tronc qui se rend à la glande sanguine, dont la disposition est donc la même que dans *Philine* et *Pleurobranchus*; cette glande sanguine est compacte.

d) *Système excréteur*. — Le péricarde, très vaste (fig. 99), est situé dorsalement, vers le milieu du corps, au côté droit; sur le plancher du péricarde, sous la naissance de l'aorte, se trouvent des plis glandulaires (glande péricardique de Grobben, fig. 99, XIII).

Le rein est un sac aplati, placé au côté droit, en arrière du péricarde, au dos de la masse viscérale (génito-hépatique), sous la glande salivaire. L'orifice péricardique est placé à la partie postérieure du péricarde, sous l'oreillette (fig. 99, VI) : il est cilié, très large et aplati, comme celui des Nudibranches; il se continue par un long conduit non cilié, antéro-postérieur

(fig. 97, IV), accolé à la paroi dorsale de la chambre urinaire; ce conduit va en s'amincissant jusqu'en arrière, où il s'ouvre dans le sac urinaire (fig. 97, V). La même disposition existe dans *Pleurobranchus* (mais toute cette partie n'a pas été vue par de Lacaze-Duthiers), chez *Tritonia* (fig. 105, II) et les Doridiens (fig. 124, IV). Ce canal réno-péricardique est fortement plissé et glandulaire (fig. 96).

Le rein s'ouvre extérieurement (fig. 97, II) par un canal naissant en avant et à droite de la chambre urinaire et débouchant au dehors, sous la partie antérieure de la branchie (plus près de l'anus que dans *Pleurobranchus*, parce que l'anus y est plus en avant).

4. TRITONIENS.

A. **Tritonia** [1] et **Marionia** [2].

a) *Système nerveux.* — Les centres nerveux se trouvent réunis au dos du bulbe buccal, un peu en avant de la naissance de l'œsophage (fig. 101); il y a trois paires distinctes de ganglions, quoique les cérébraux et les pleuraux soient accolés. Les connectifs cérébro-pédieux et pleuro-pédieux sont visibles et séparés (fig. 100, XIV et IV).

Les centres cérébraux sont seuls commissurés au-dessus du tube digestif, mais non les pleuraux [3]. Parmi les nerfs cérébraux, le nerf optique, latéro-postérieur, naît distinct du nerf tentaculaire et non par une racine commune [4]; le nerf optique est très long; le nerf tentaculaire est terminé par un gros ganglion rhinophorique [5].

[1] Les espèces étudiées sont : *T. Hombergi* Cuvier; provenance : mer du Nord et Manche; *T. plebeia* Johnston; provenance : Manche.

[2] Espèce étudiée : *M. quadrilatera* Schulze; provenance : Méditerranée.

[3] Comme on pourrait le croire d'après les figures de von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, pl. II, fig. 6, Tritonia) et Vayssière (*Atlas d'anatomie comparée des Invertébrés*, Mollusques, pl. IX, fig. 3, Marionia).

[4] Contrairement à ce que représente Bergh (*Malakologische Untersuchungen*, pl. LXXI, fig. 17).

[5] Un *Tritonia plebeia* que j'ai étudié, était dépourvu de tentacule postérieur droit et de ganglion rhinophorique; il n'y avait pas encore trace de régénération. L'absence d'un tentacule postérieur a été rencontrée également sur un *Aplysiella*.

Les ganglions pédieux ont deux commissures infra-œsophagiennes voisines (fig. 100, VI et XI), la plus extérieure étant la plus mince (Bergh appelle cette commissure : subcerebro-pedalis). Une commissure subcérébrale proprement dite existe, tout à fait distincte, naissant de la face ventrale des ganglions cérébraux (postéro-extérieurement) et accompagnant les deux commissures pédieuses dans leur parcours (fig. 100, XII).

La commissure viscérale sort de la partie postérieure des ganglions pleuraux [1] et accompagne également les commissures pédieuses; en arrière, au côté droit, en naît un nerf génital (fig. 100, VII), plus antérieur dans *Marionia*.

La commissure stomato-gastrique est fort longue (aussi longue que la viscérale), avec deux très gros [2] ganglions stomato-gastriques médians accolés : leurs nerfs les plus médians (œsophagiens) sont pourvus de petits ganglions « gastro-œsophagiens » ; ces nerfs arrivent sur l'estomac, où l'on peut observer un ganglion stomacal comme celui qui est connu chez *Doris*.

L'œil est éloigné du « cerveau », assez gros, à grosses cellules rétiniennes pourvues de bâtonnets (fig. 103).

Les otocystes sont situés sur les côtés extérieurs des centres cérébraux (qui les innervent) et non sur les centres pleuraux, où les montrent les figures de von Jhering et Vayssière; leur position est la même que chez *Pleurobranchus* (fig. 84).

b) *Système digestif*. — Des glandes buccales forment, en avant des mandibules, un épais manchon (fig. 101, II), surtout développé au côté dorsal; cette masse est composée de cellules débouchant chacune individuellement dans la cavité buccale.

L'œsophage de *Tritonia plebeia* montre un jabot analogue par sa forme et sa position à celui de *Pleurobranchæa*.

Dans *Marionia*, l'estomac est armé de plaques masticatrices, déjà connues

[1] Bien distincte des commissures pédieuses, contrairement à ce que représente Bergh, *loc. cit.*, pl. LXXIII, fig. 1, où l'on voit la commissure viscérale naître des ganglions pédieux.

[2] On sait combien est puissante, dans *Tritonia*, la masse buccale, qui occupe près de la moitié de la longueur du corps.

de Delle Chiaje [1]; ces plaques cuticulaires cornées sont implantées sur des saillies épithéliales (comme chez *Tylodina*). Dans le même genre, le foie montre manifestement un petit lobe topographiquement antérieur : il correspond au lobe « gauche » des embryons de Nudibranches et persiste dans les Doridiens sous forme de ce qu'on a nommé « pancréas » (fig. 120, II).

La partie initiale de l'intestin présente la structure spéciale appelée « typhlosolis », c'est-à-dire qu'une saillie intérieure de sa paroi vient augmenter à demeure la surface du canal intestinal sans en accroître le diamètre [2] : cette saillie elle-même est pourvue d'un sillon longitudinal.

c) *Système circulatoire.* — Le péricarde est large et transversal, s'étendant de l'un à l'autre côté du corps.

Le caractère prédominant du système circulatoire central est l'asymétrie du cœur, unique parmi les Nudibranches : le ventricule est *latéral,* situé à droite de la ligne médiane (dans *Tritonia Hombergi,* fig. 104; *T. plebeia,* fig. 105; *Marionia*). L'oreillette, symétrique, est étroite dans le sens antéro-postérieur, mais transversalement aussi large que le péricarde (fig. 108, II). Dans *T. Hombergi,* la face dorsale antérieure de l'oreillette porte une « glande péricardique », qui est une simple modification du revêtement cellulaire épithélial péricardique (fig. 107). Il n'y a pas trace de glande sanguine localisée.

d) *Système excréteur.* — Le rein est un sac simple (fig. 105, VII), sans ramifications tubuleuses [3]. Il est placé en arrière des glandes génitales

[1] Delle Chiaje, *Memorie sulla storia e notomia degli animali senza vertebre,* pl. LXXXVI, fig. 28 (1829).

[2] La même disposition (sans sillon) se rencontre dans la plupart des Gastropodes que j'ai étudiés : *Eolis* (fig. 136), *Tritonia, Auricula, Actæon,* les Thécosomes, *Trochus* (avec sillon). — Ce caractère n'est pas spécial aux Gastropodes, parmi les Mollusques : je le trouve encore chez *Chiton* et les Lamellibranches, et dans les Céphalopodes, où le sillon, très développé, transforme le typhlosolis en gouttière.

[3] Bergh (*Malakologische Untersuchungen,* pl. LXXV, fig. 1) y indique des ramifications. Comme exemple de rein ramifié, voir celui de *Janus* (fig. 141, 142 du présent travail), comparativement à celui de *Tritonia* (fig. 108).

accessoires, au côté dorsal, mais il s'étend aussi latéralement à droite et à gauche de la masse viscérale, non symétriquement toutefois (fig. 108).

L'orifice péricardique est un large entonnoir cilié placé à droite du ventricule, sur le plancher du péricarde. Il mène à un long conduit antéro-postérieur (replié sur lui-même antérieurement, où il s'étend un peu plus en avant que l'entonnoir). Ce conduit est situé à droite, partiellement le long et au dos du rectum (fig. 106, IV : *T. plebeia*); il est plissé et non cilié. Dans *T. Hombergi,* il présente de vraies arborisations glandulaires [1].

Ce conduit réno-péricardique chemine sous le sac rénal, dans lequel il vient s'ouvrir par un orifice percé dans la moitié droite de son plancher. La chambre urinaire débouche extérieurement par un court conduit né de son côté droit, en avant de l'orifice du conduit péricardique, et se terminant au dehors, au-dessus de l'anus (fig. 105, IV).

B. **Dendronotus** [2].

a) *Système nerveux.* — Il ressemble à celui de *Tritonia,* par la disposition des centres supra-œsophagiens (situés un peu plus en arrière, sur l'œsophage même) et par la longueur du nerf optique. Mais les ganglions pédieux (avec deux commissures) sont beaucoup plus rapprochés l'un de l'autre (moins cependant que chez *Ancula* et surtout que chez *Fiona,* fig. 143).

Une commissure subcérébrale sort aussi des centres cérébraux (fig. 110, III), et nullement des pédieux [3]. Le pénis est innervé par le ganglion pédieux, comme dans *Tritonia.*

[1] Chez *Hexabranchus* (Doridien), ces saillies glandulaires sont encore plus développées (voir Hancock, *On the structure and homologies of the renal organ of the Nudibranchiate Mollusca* [Trans. Linn. Soc. London, t. XXIV, pl. LVI, fig. 3]); mais le conduit réno-péricardique (qui existe chez tous les Doridiens, voir plus loin) y est postéro-antérieur, par suite du déplacement du cœur en arrière chez les Doridiens. — J'ai constaté que le conduit réno-péricardique présente aussi des saillies plus ou moins arborescentes dans certains Lamellibranches (par exemple chez *Donax*).

[2] L'espèce étudiée est *D. arborescens* O. F. Müller ; provenance : mer du Nord et Manche.

[3] von Jhering, *Bull. scientif. France et Belgique,* t. XXIII, p. 198.

b) *Système digestif.* — Les glandes salivaires existent [1] et sont très divisées. La paroi intérieure du tube digestif présente en divers endroits une cuticule épaisse, surtout à la partie tout à fait initiale de l'œsophage (fig. 109) (ce qui s'observe d'ailleurs dans divers autres Nudibranches : *Eolis,* fig. 126). La paroi de l'estomac est assez musculaire (ce qui est général aux Tritoniens, parmi les Nudibranches).

D'après Herdman [2], le foie ne se ramifierait pas dans les deux premières paires d'appendices dorsaux; les individus étudiés m'ont présenté ces appendices pareils aux autres : le foie est donc répandu dans toutes les saillies dorsales et dans le corps, où il occupe la même position que dans *Tritonia.*

c) *Systèmes circulatoire et excréteur.* — Une valvule musculaire très développée se trouve à la naissance de l'aorte. Le conduit réno-péricardique est plus court que dans *Tritonia,* sans cependant que le péricarde s'ouvre directement dans le rein, comme chez les *Eolis* (fig. 137) et les Élysiens.

C. **Tethys** [3].

Système nerveux. — Von Jhering l'a considéré comme le plus archaïque des systèmes nerveux d'Opisthobranches; et quoique de Lacaze-Duthiers, dans une communication préliminaire [4], ait mentionné l'existence d'une commissure viscérale distincte de la pédieuse, il attribue à *Tethys* une « simple protocommissure » [5].

Tethys possède une commissure viscérale distincte, comme les autres Tritoniens. Si l'on examine l'œsophage par la face ventrale, on voit

[1] Contrairement à ce que disent Alder et Hancock (*A Monograph of the british Nudibranchiate Mollusca,* p. 2).

[2] Herdman et Clubb, *Second Report on the Nudibranchiata of the M. B. C. district* (Proc. Liverpool biol. Soc., vol. III, p. 225).

[3] L'espèce étudiée est *T. leporina* L.; provenance : Méditerranée.

[4] de Lacaze-Duthiers, *Sur le système nerveux central de la* Tethys leporina (Comptes rendus, t. CI, p. 131).

[5] von Jhering, *Giebt es Orthoneuren?* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd XLV, p. 521 : « ... bei Tethys die einfache ungetheilt Protokommissur existirt ».)

(fig. 111) qu'il est entouré par trois troncs nerveux, dont le plus postérieur est le plus mince et le plus long : c'est la commissure viscérale, avec un ganglion abdominal au côté droit (IV), d'où sort le nerf viscéral ou « génital ».

Sur des coupes, on peut constater que la forte commissure pédieuse (fig. 111, V) est double : pédieuse et parapédieuse, et que dans la même enveloppe conjonctive se trouve une commissure subcérébrale, que l'on peut suivre jusqu'aux ganglions cérébraux, c'est-à-dire jusqu'aux portions médianes antérieures de la masse ganglionnaire supra-œsophagienne.

D. **Scyllæa** [1].

L'estomac, comme dans *Marionia*, est garni de dents cornées, constituées par la cuticule épaissie de saillies épithéliales (fig. 113, II). L'origine de l'intestin présente, au côté droit, une suite de quelques gros plis transversaux, comme dans *Melibe* [2]; chacun de ceux-ci est intérieurement pourvu d'un grand nombre de plis à épithélium glandulaire (fig. 112, II; c'est peut-être le rudiment du foie droit des Tritoniidæ).

L'organisation de ce genre étant assez connue, je me bornerai à faire remarquer que le système nerveux en est fort semblable à celui de *Melibe* (ou de *Dendronotus*, mais avec les ganglions pédieux écartés) et que le foie, tout entier contenu dans le corps, doit faire ranger *Scyllæa* parmi les Tritoniens.

E. **Phyllirhoe** [3].

a) *Système nerveux.* — Tous les centres sont réunis dorsalement (fig. 115), les ganglions cérébral et pleural de chaque côté étant fusionnés et portant l'œil et l'otocyste.

Le nerf palléal (IX) sort postérieurement du ganglion pleural; sa branche

[1] L'espèce étudiée est *S. pelagica* L.; provenance : océan Atlantique.

[2] BERGH, *Beitrag zur Kenntniss der Gattung Melibe* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd. XLI, pl. X, fig. 15).

[3] L'espèce étudiée est *P. bucephalum* Péron et Lesueur; provenance : Méditerranée.

la plus ventrale, à peu de distance des centres, vient en contact avec un nerf pédieux dorsal et paraît former, avec lui, un plexus; mais il n'y a qu'un simple accolement sans échange de fibres [1]. Le nerf pédieux dorsal de droite innerve le pénis. Comme dans *Tritonia*, les deux commissures pédieuses sont encore bien séparées.

L'œil, quoique très petit et aplati sur les centres supra-œsophagiens, n'est pas formé d'une seule cellule, comme on l'a supposé autrefois; malgré sa réduction, il est constitué comme celui des formes voisines.

L'otocyste, par contre, est très développé, ce qui concorde avec la grandeur de cet organe dans tous les Mollusques nageurs (Céphalopodes, Hétéropodes).

b) *Système reproducteur.* — La glande hermaphrodite, comme on sait, est divisée en deux masses globuleuses (trois dans d'autres espèces). Dans chacune de celles-ci, d'après Müller et Gegenbaur [2] naîtraient côte à côte des produits mâles et femelles. Or, dans les autres Nudibranches, on constate que les acini femelles sont groupés autour d'un sac dans lequel prennent exclusivement naissance des spermatozoïdes. Il en est ainsi également pour chacune des masses génitales de *Phyllirhoe* (fig. 114).

5. DORIDIENS.

A. **Polycera** [3].

a) *Système nerveux.* — Le ganglion pleural est extérieurement indistinct du cérébral (fig. 118, XII); les centres cérébraux sont réunis sous l'œsophage par une commissure subcérébrale.

1 La même chose s'observe dans d'autres Tritoniens : par exemple *Dendronotus*, où Herdman et Clubb l'ont signalée, concluant de ce fait que des fibres *pédieuses* passent dans le nerf innervant les papilles dorsales (*On the innervation of the Cerata of some Nudibranchiata* [QUART. JOURN. MICR. SC., vol. XXXIV, pl. XXXIV, fig. 27]). Or je me suis assuré que chez *Dendronotus*, comme chez *Phyllirhoe*, il y a simple *juxtaposition* locale des deux nerfs.

2 MÜLLER et GEGENBAUR, *Ueber Phyllirhoe bucephalum* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd. V, p. 367, pl. XIX, fig. 8).

3 Espèces étudiées : *P. ocellata* A. et A.; provenance : Manche; *P. quadrilineata* Müller; provenance : Méditerranée. Le premier est un des Nudibranches les plus contractiles que je connaisse. Je n'ai réussi à le tuer en extension qu'après l'avoir insensibilisé dans une solution de chorhydrate de cocaïne au 20e (dans l'eau de mer).

Les ganglions pédieux sont éloignés, alors qu'ils sont, au contraire, accolés chez *Ancula;* celui de droite donne le nerf pénial (fig. 116; 118, IV), qui présente un ganglion sur son parcours comme dans les Pleurobranches (fig. 90).

La commissure viscérale est plus courte que dans *Euplocamus* et *Triopa*, où les centres cérébraux et pleuraux sont encore distincts. Cette commissure offre un gros ganglion abdominal (fig. 118, V) et, outre ce dernier, un second petit centre, formé de deux cellules seulement, à la naissance des nerfs réno-cardiaques [1]. Sur le côté gauche de la commissure viscérale est encore une cellule ganglionnaire (*P. quadrilineata*); mais je n'ai pas vu de nerf sortir en ce point, bien que Hancock en représente un [2].

Les otocystes ne sont pas placés à la face dorsale des ganglions cérébro-pleuraux, mais sous les connectifs cérébro-pédieux (fig. 117, IV).

b) *Système digestif.* — Contrairement à l'assertion de Frey et Leuckart [3], ce genre possède des glandes salivaires bien développées (fig. 121, IV), dans les deux espèces étudiées.

A la partie antérieure de l'estomac, à côté de l'origine de l'intestin, débouche à gauche, comme dans la généralité des Doridiens, un cæcum (fig. 120, II) qu'on a appelé « pancréas ». Comme Hancock l'a vu chez *Doris* [4], l'intérieur de ce cæcum est plissé en long; mais sa structure, par l'épithélium à cellules élevées, granuleuses, sans cils ni cuticule, ressemble plus à celle du foie qu'à celle de l'intestin ou de l'estomac (fig. 119). Il est donc naturel d'y voir l'homologue du foie droit des Tritoniens et des larves d'Éolidiens, situé au même endroit.

c) *Système circulatoire et excréteur.* — On sait que dans les Doridiens

[1] Cette disposition diffère un peu de celle représentée par Bergh (*Beitrag zu einer Monographie der Polyceraden*, I [VERHANDL. K. K. ZOOL. BOT. GESELLSCH. WIEN, Bd. XXIX, pl. X, fig. 8]).

[2] ALDER et HANCOCK, *loc. cit.*, fam. 1, pl. XVII, fig. 12, 16.

[3] FREY et LEUCKART, *Beiträge zur Kenntniss der wirbellosen Thiere.* 1847, p. 68.

[4] HANCOCK et EMBLETON, *On the anatomy of* Doris (PHIL. TRANS. ROY. SOC. LONDON, 1852, pl. XVII, fig. 5).

en général, une partie du sang qui revient à l'oreillette n'arrive pas de la branchie, mais des sinus palléaux. Cette disposition, qui est très nette dans *Polycera,* prouve que la totalité du manteau agit comme organe respiratoire.

La glande sanguine des différents Polyceratidæ (*Triopa, Polycera, Ancula, Goniodoris*) m'a montré très clairement ses rapports avec l'aorte, la cavité de celle-ci se continuant dans l'intérieur de la masse de la glande (*Polycera,* fig. 121, IX).

Le rein qui, d'après Gegenbaur [1], serait sans ramifications, présente, chez les deux espèces étudiées, des ramifications bien développées (fig. 120, VII). L'entonnoir réno-péricardique (c'est-à-dire la partie initiale et ciliée du conduit réno-péricardique) est remarquable par la position des noyaux à la partie superficielle des cellules.

B. **Goniodoris** [2].

a) *Système tégumentaire.* — Les spicules enchevêtrés des téguments des Doridiens se montrent très bien développés dans ce genre (exemple : *G. castanea,* fig. 125, VI), à l'intérieur de cellules conjonctives (« plasmatiques ») sous-cutanées qu'ils remplissent entièrement, au point que celles-ci deviennent invisibles, leur place étant simplement marquée par les spicules.

b) *Système nerveux.* — Les ganglions cérébral et pleural de chaque côté sont fusionnés. Il existe une commissure subcérébrale (fig. 122, VIII).

La commissure viscérale présente, au côté droit, un gros ganglion bifide (*Goniodoris nodosa,* fig. 122), dont la moitié droite donne le nerf génital et la moitié gauche, les nerfs réno-cardiaques. Le nerf pénial naît du centre pédieux de droite (et non du cérébro-pleural, comme le représente Hancock [3]); il porte un gros ganglion (fig. 122, IV), comme chez *Polycera* (fig. 118).

L'otocyste se trouve situé à la face dorsale des centres cérébro-pleuraux,

1 Gegenbaur, in Carus, *Icones Zootomicæ,* pl. XXI, fig. 9.

2 Espèces étudiées : *G. nodosa* Montagu, et *G. castanea* A. et H., toutes deux de la Manche.

3 Alder et Hancock, *loc. cit.,* fam. 1, pl. XVII, fig. 4, 17).

en arrière de l'œil, où il a été pris pour un ganglion par Hancock; il renferme (au moins chez *G. castanea*) un otolithe et de nombreux otoconies.

c) *Système circulatoire.* — D'après Bergh [1], ce genre manquerait de glande sanguine. Celle-ci existe cependant dans les deux espèces que j'ai étudiées : chez *Goniodoris nodosa* vivant, elle est même visible extérieurement, grâce à sa couleur rouge. Cette « glande » se trouve située sur le trajet de l'aorte antérieure (fig. 123, III; 125, VII), du côté droit; elle a la même forme et la même structure que dans *Polycera*.

d) *Système excréteur.* — Le conduit réno-péricardique s'ouvre à droite dans le péricarde; de là, il se dirige en avant, s'incurve à gauche, puis de nouveau en avant en passant sous le rein (fig. 124, IV) où il débouche enfin. Il n'est pas cilié, sauf à sa partie initiale (orifice péricardique), et sa paroi est à peine plissée, sans aucune arborescence.

e) *Système reproducteur.* — Comme chez les autres Doridiens, la glande génitale est formée d'acini femelles s'ouvrant dans des poches centrales produisant des spermatozoïdes. Dans les glandes accessoires femelles, on voit nettement (*G. nodosa*) l'alternance des cellules glandulaires et des cellules ciliées à corps superficiel (disposition qui se rencontre d'ailleurs chez d'autres Doridiens et chez les Nudibranches en général).

6. ÉOLIDIENS.

A. **Eolis** [2].

a) *Téguments.* — La communication signalée par divers anciens auteurs (Souleyet, Frey et Leuckart, Hancock) chez les *Eolis*, entre les sacs à cnidocystes du sommet des papilles et les cæcums hépatiques de ces derniers,

[1] Bergh, *Beitrag zu einer Monographie der Polyceraden*, III, *loc. cit.*, Bd. XXXIII, p. 169.
[2] Espèces étudiées : *E. papillosa* L.; *E. coronata* Forbes; *E. cingulata* A. et H.; *E. picta* A et H.; provenance : Manche.

a été mise en doute plus récemment. Mais Herdman seul [1] a examiné de nouveau la question et a confirmé l'existence de cette communication.

De mon côté, j'ai étudié des espèces différentes, et je suis arrivé au même résultat.

Le conduit qui fait communiquer le sac à cnidocystes et le cæcum hépatique est très étroit (fig. 130, 132); même dans les animaux tués en extension, il est replié deux fois sur lui-même, de telle sorte que les coupes transversales font voir à la fois le cæcum, le conduit et le sac (fig. 130); la suite des coupes, de haut en bas, montre :

α) La coupe du sac et la communication du conduit avec le cæcum (fig. 129);

β) La coupe du cæcum, du conduit et du sac (fig. 130);

γ) La coupe du cæcum, et la communication du conduit et du sac (fig. 131, III).

Les coupes sagittales passent rarement (fig. 132) par l'axe des trois parties; elles montrent alors la continuité de l'épithélium endodermique (foie) avec celui de l'ectoderme (sac).

Les cellules du sac à cnidocystes sont remarquables par les corps urticants qui naissent en nombre considérable dans le protoplasma de chacune d'elles (fig. 133, II).

b) *Système nerveux.* — Bien que divers auteurs aient déjà étudié ce système, Hancock seul en a donné une figure détaillée [2]. Or, plusieurs auteurs [3] se sont basés, sans contrôle aucun, sur un détail (*19*) de cette figure, pour décider d'un point important de morphologie (homologies des papilles dorsales). Cela m'a forcé à réexaminer le système nerveux de *Eolis,* surtout à ce point de vue spécial.

[1] Herdman, *On the Structure and Functions of the Cerata or Dorsal Papillæ in some Nudibranchiate Mollusca* (Quart. Journ. micr. sc., vol. XXXI).

[2] Hancock et Embleton, *On the Anatomy of* Eolis, *a genus of Mollusks of the order Nudibranchiate* (Ann. Mag. nat. hist., 2e série, t. III, pl. V, fig. 1).

[3] Herdman et Clubb, *On the innervation of the Cerata of some Nudibranchiata* (Quart. Journ. micr. sc., vol. XXXIV, p. 551). — Mazzarelli, *Ricerche sulla morfologia delle* Oxynoeidæ (Mem. Soc. ital. d. scienze, 3e série, t. IX, p. 27).

La figure 134 montre les centres de *Eolis papillosa* avec leurs principaux troncs. A la partie latérale, on voit, de chaque côté, trois gros nerfs voisins, se dirigeant parallèlement en arrière (II, III, IV) : le plus axial sort de la commissure stomato-gastrique; l'intermédiaire, du ganglion pleural. Ces deux premiers troncs innervent les papilles dorsales : le premier, leur partie endodermique (foie) [1]; le second, leur partie tégumentaire.

Le plus extérieur de ces trois nerfs naît du ganglion pédieux. D'après Hancock et les auteurs qui le citent, ce tronc innerverait *également* la peau du dos et les papilles. J'ai constaté qu'il n'en est rien, et que ce nerf donne exclusivement des filets à la région pédieuse. Les seuls nerfs des papilles sont les deux premiers [2]. L'erreur de Hancock s'explique cependant par le fait que les trois nerfs en question sont très voisins, paraissent naître vers le même point et se rendre vers le même endroit.

La commissure viscérale (VIII) présente le même caractère d'asymétrie que dans les autres Nudibranches : un nerf viscéral principal (« génital », V) en sort du côté droit; il n'existe pas de nerf symétrique, β, à gauche, représenté dans la figure de Hancock.

c) *Système digestif.* — La présence d'un crustacé copépode parasite (*Splanchnotrophus*) a produit dans un individu de *Eolis coronata* une modification considérable du tube digestif (fig. 128). Par suite de l'extension du parasite dans la région occupée par l'estomac chez les individus normaux, il n'y a plus trace de ce dernier organe; et les parties qui devraient venir s'y ouvrir (œsophage, foie, intestin) *débouchent à l'extérieur*. L'œsophage est replié en avant et s'y ouvre au côté droit (fig. 126, V; 128, VII); le tronc hépatique postérieur principal débouche au dehors, dorsalement (fig. 128, V), ainsi que l'intestin (fig. 128, II), qui forme ainsi un tube à deux ouvertures.

Dans les diverses espèces de *Eolis* étudiées, la portion initiale de l'intestin

[1] Comme dans les autres Éolidiens : *Glaucus*, etc.

[2] Il n'y a pas de nerfs *des papilles* naissant de la commissure viscérale, bien qu'ils soient indiqués par von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 179, pl. I, fig. 4, 7, 8).

montre un « typhlosolis » constitué par une forte saillie longitudinale intérieure de sa paroi (exemple : *E. cingulata,* fig. 136).

d) *Systèmes excréteur et reproducteur.* — Le conduit réno-péricardique est fort court chez *Eolis,* le péricarde s'ouvrant directement dans le rein (fig. 137). Les cellules de la paroi rénale sont assez élevées, avec une vacuole d'excrétion liquide; le sac rénal ne présente pas de ramifications (*Eolis cingulata,* fig. 135).

La conformation connue de la glande génitale (acini mâles et femelles distincts) est toujours bien caractérisée (au plus haut point dans *Eolis* [*Tergipes*] *despecta*). L'hermaphroditisme est protandrique : dans les individus jeunes, les différentes masses qui constituent la glande génitale produisent exclusivement des spermatozoïdes (fig. 138, III); il n'y a aucune trace, dans les parties avoisinantes, d'éléments qui donneront naissance à la portion femelle de la glande. Dans les individus plus âgés, c'est aux dépens de la paroi même des « sacs » à spermatozoïdes que se développent les acini femelles.

B. **Janus** [1].

a) *Système nerveux.* — Il est moins condensé que dans les *Eolis* actuels, et rappelle par certaines dispositions celui des Tritoniidæ, notamment par les centres cérébral et pleural d'un même côté encore distincts l'un de l'autre et par les nerfs optiques encore assez allongés.

Une particularité que j'ai rencontrée seulement dans ce genre est l'existence d'un ganglion à la base de chaque papille dorsale (fig. 142, VI; fig. 140, I), ce qui est en rapport avec la sensibilité bien connue des papilles, chez *Janus.*

b) *Système digestif.* — Cet appareil, bien connu dans ses dispositions

[1] Espèces étudiées : *J. cristatus* Delle Chiaje; *J. hyalinus* A. et H.; toutes deux de la Manche.

macroscopiques [1], présente à l'extrémité rectale de l'intestin un épais manchon dont les rapports et la nature sont restés inconnus. Ce manchon est formé de glandes très ramifiées, qui débouchent dans le rectum par un petit nombre de conduits (fig. 139, I); la structure de ces glandes montre une ressemblance assez éloignée avec celle du foie, les cellules en étant moins hautes et leurs noyaux, plus gros.

c) *Système excréteur.* — Le rein est excessivement ramifié; ses ramifications s'étendent entre les organes, dans tout le corps (fig. 141, III; 142, V). La chambre urinaire principale s'ouvre au côté droit, vers le milieu (fig. 141, VII), donc à une distance très grande de l'anus, qui se trouve à la partie postérieure, sur la ligne médiane du dos (c'est le seul Nudibranche où les deux ouvertures rénale et anale ne soient pas voisines).

d) *Système reproducteur.* — D'après Claus [2], l'ovaire et le testicule seraient séparés dans ce genre. Or, la glande génitale est formée, comme dans les Nudibranches précédents, de masses hermaphrodites dont chacune est constituée par une poche mâle centrale et des sacs ovariques périphériques (fig. 142, IV). La ponte, peu connue jusqu'ici, est déposée sous forme d'un cordon cylindrique enroulé, dans lequel les coques sont disposées en une seule série longitudinale, chaque coque renfermant un grand nombre d'œufs (de 80 à 100).

C. **Fiona** [3].

a) *Système nerveux.* — Les centres pédieux, contrairement à ceux des autres Éolidiens (fig. 134), sont en contact l'un avec l'autre sous l'œsophage (fig. 143, III). Les otocystes renferment chacun un gros otolithe, alors que dans la généralité des Éolidiens ils contiennent un grand nombre d'otoconies.

[1] HANCOCK, *On the anatomy of* Antiopa spinolæ, *a Nudibranchiate Mollusk* (ANN. MAG. NAT. HIST., 2e série, vol. VIII, pl. III, fig. 1).
[2] CLAUS, *Traité de zoologie.* 2de édit. française, p. 1020.
[3] Espèce étudiée : *F. marina* Forskal; provenance : Méditerranée.

b) *Système digestif.* — Le foie, répandu dans les papilles dorsales, forme deux troncs longitudinaux principaux qui s'ouvrent dans le tube digestif par deux ouvertures latérales sensiblement symétriques.

c) *Système circulatoire.* — L'oreillette est fort allongée antéro-postérieurement. Les crêtes respiratoires du bord interne des papilles sont des replis en forme de moitié d'hémisphère, présentant une surface axiale et une surface ectaxiale (fig. 145, II). Il n'y a pas, dans chaque papille, deux vaisseaux sanguins symétriques et opposés (« afférent » et « efférent ») ; mais il y a, autour du cæcum hépatique, des sinus veineux, et au bord interne de la papille (du côté des replis), un vaisseau efférent (fig. 145, III) saillant, à la surface des téguments, comme les veines branchiales des *Elysia* (fig. 183, II).

d) *Système reproducteur.* — La glande génitale est formée de masses qui ne sont pas étroitement groupées sur les conduits, mais portées chacune sur un canal secondaire relativement assez allongé, débouchant dans le conduit principal.

Chaque masse est constituée de la même façon que dans les Nudibranches précédents; mais la disposition est ici visible macroscopiquement, avec le faible grossissement d'une loupe (fig. 144).

Les conduits mâle et femelle s'écartent un peu et les deux orifices ne sont plus contigus, comme dans tous les autres Éolidiens.

7. ÉLYSIENS.

A. **Cyerce** [1].

Le pied présente ici une disposition particulière : cet organe est divisé par un sillon transversal et la moitié antérieure s'étend en partie sous la postérieure (fig. 146).

[1] Espèce étudiée : *C. Jheringi* Pels. ; provenance : Méditerranée.

a) *Système nerveux* (fig. *B*, dans le texte). — Chaque ganglion cérébral est fusionné avec le pleural correspondant. Les deux centres pédieux sont assez voisins l'un de l'autre, sous l'œsophage. La commissure viscérale porte trois ganglions presque juxtaposés : le plus gros est le médian (ou abdominal), le plus petit, le gauche (ou infra-intestinal). Le nerf tentaculaire possède, à son extrémité, un ganglion rhinophorique (IX).

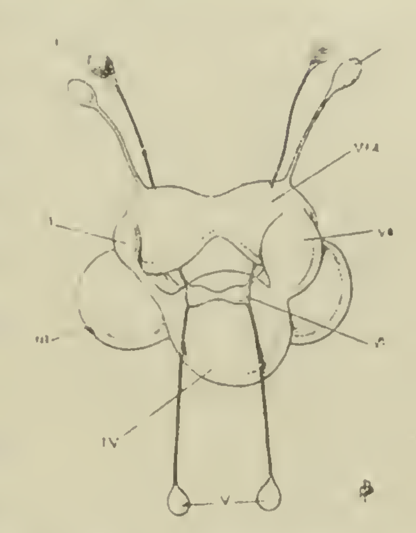


Fig. *B*. — *Cyerce Jheringi*, système nerveux central, vu de dos, × 20. I, œil; II, ganglion infra-intestinal; III, ganglion pédieux; IV, ganglion abdominal; V, ganglion gastro-œsophagien; VI, ganglion stomato-gastrique; VII, ganglion supra-intestinal; VIII, ganglion cérébro-pleural; IX, ganglion tentaculaire.

Les ganglions stomato-gastriques sont juxtaposés et placés sous l'œsophage, en arrière de la masse buccale; les ganglions « gastro-œsophagiens », très gros, sont fort distants des stomato-gastriques et se trouvent de part et d'autre de la jonction du cæcum œsophagien (« jabot ») avec l'œsophage.

b) *Système digestif*. — La masse du foie est entièrement contenue dans le corps (fig. 150, IV), sans qu'aucune portion s'en étende dans les papilles (fig. 147) [1].

c) *Système excréteur*. — Le rein est bien développé [2]; il s'étend sous le péricarde, et partiellement au-dessus (fig. 148, 149). Son conduit péricardique est assez court, dirigé d'avant en arrière, de gauche à droite, s'ouvrant à la face ventrale du péricarde, sous l'oreillette (fig. 148, V).

d) *Système reproducteur*. — Il est constitué comme dans *Hermæa dendritica* (voir plus loin) : le conduit femelle y est divisé, vers sa terminaison, en oviducte et vagin (fig. 151, V, VI), ce dernier portant une poche

[1] Bergh (*Malakologische Untersuchungen*, p. 162) dit que le foie de *Cyerce* est disposé comme celui de *Phyllobranchus* : or, chez ce dernier, il s'étend dans les papilles.

[2] Il n'a pas été vu par Bergh, qui dit (*loc. cit.*, p. 162), en parlant du rein : « ein Organ der bei den Phyllobranchen und Cyerceen ganz zu fehlen scheint ».

copulatrice (I) avec un col court (fig. *C*, dans le texte). Les deux orifices femelles (vaginal et oviducal) sont assez voisins, le vaginal (VIII, fig. *C*) étant le plus antérieur. L'orifice du pénis en est assez distant, plus en avant.

La glande albuminipare ne s'étend pas dans les papilles dorsales, comme chez *Hermæa dendritica* (fig. 165); ces papilles sont exclusivement tégumentaires, chez *Cyerce* (fig. 147).

Fig. C. — *Cyerce Jheringi*, schéma des conduits génitaux. I, poche copulatrice; II, spermiducte; III, prostate; IV, conduit hermaphrodite; V, glande albuminipare; VI, oviducte; VII, orifice oviducal; VIII, orifice vaginal; IX, pénis.

B. **Hermæa** [1].

a) *Téguments et aspect extérieur.* — Outre la paire de tentacules, la tête porte de chaque côté de la bouche un palpe assez saillant (fig. 155, III).

Les glandes pédieuses sont excessivement développées (fig. 157, V; 158, VII) et constituées, comme dans tous les Opisthobranches, par des follicules dont chaque cellule a son conduit propre.

b) *Système nerveux.* — Il est essentiellement constitué (voir fig. 158 et 160) comme celui de *Cyerce* décrit ci-dessus. La fusion des centres cérébral et pleural y est formellement démontrée par la présence de deux connectifs pédieux de chaque côté : le premier, très antérieur, est le cérébro-pédieux, l'autre, le pleuro-pédieux.

L'aorte passe au dos de la commissure pédieuse (fig. 158) et de la commissure viscérale.

[1] Les espèces étudiées sont : *H. bifida* Montagu; provenance : Manche; *H. dendritica* A. et H.; provenance : Méditerranée. Comme on le verra, il existe des différences d'organisation très sensibles entre les deux formes, pour lesquelles les systématistes créeront peut-être deux genres différents. L'organisation de *Physopneumon carneum* Costa, que j'ai également étudiée, est la même que celle de *H. bifida* : ces deux formes sont donc identiques ou très voisines, et le nom générique *Physopneumon* pourra être appliqué à *H. bifida*.

c) *Système digestif.* — A la partie antérieure du bulbe buccal se trouve un épais manchon glandulaire (fig. 156, IV).

L'appendice œsophagien (fig. 160, III) a une structure assez semblable à celle des cæcums hépatiques papillaires. Il n'y a pas de partie du tube digestif spécialisée en estomac; des courants alternatifs continus et rapides font circuler le contenu de ce tube dans les cæcums hépatiques (comme dans les canaux hépatiques de *Elysia*).

d) *Système excréteur.* — Dans *H. bifida,* le rein est situé ventralement au péricarde (fig. 163, V), surtout à droite. Son ouverture extérieure est au côté droit, en arrière de l'anus (fig. 161, XI). La poche rénale, chez *H. bifida,* est peu ramifiée (fig. 163, V).

Le conduit cilié réno-péricardique, qui n'a encore été décrit ni figuré dans aucun « Sacoglosse », est fort court, et se trouve à la partie dorsale du rein, perçant la face ventrale du péricarde, à gauche de l'oreillette (fig. 163, III).

Dans *H. dendritica* (fig. 164, XVII), le rein est en grande partie au dos du péricarde (il a été pris autrefois pour celui-ci, par Trinchese, qui considérait la glande « de l'albumine » comme les ramifications du rein [1]. Quoiqu'un peu ramifié, il est tout entier situé dans la saillie péricardique (fig. 153, I) et s'ouvre au dehors, auprès de l'anus, du côté droit (fig. 164). Contrairement à ce que dit Bergh [2], il possède un orifice réno-péricardique cilié (« nierenspritze ») bien caractérisé et *unique,* situé à la partie postérieure du rein, au plafond du péricarde et à gauche de l'extrémité postérieure de l'oreillette (donc morphologiquement placé comme dans *H. bifida*).

Sous le nom de « rein diffus », Trinchese a signalé [3] l'existence de nombreuses cellules « excrétrices », *sur* toute la surface du corps de divers

[1] TRINCHESE, *Anatomia della* Hermæa dendritica (MEM. ACCAD. BOLOGNA, 3e série, t. VII, p. 456).

[2] BERGH, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden,* VIII (VERHANDL. ZOOL.-BOT. GESELLSCH. WIEN, Bd. XXXV, p. 8 : « an der oberen Seite derselben [pericardium] scheinen vorne und hinten mehrere feine Oeffnungen vorzukommen, dagegen keine Nierenspritze.)

[3] TRINCHESE, *Intorno ad un vero reno diffuso* (RENDI CONTO R. ACCAC. D. SC. FIS. E MAT. DI NAPOLI, giugno 1883).

Hermæidæ où le rein serait réduit (exemple : *Caliphylla*). Dans *H. bifida*, où le rein paraît aussi relativement peu développé, je dois noter la présence *sous* les téguments, au dos des deux longs conduits hépatiques, d'une épaisseur de cellules conjonctives plasmatiques, de grande taille (fig. 160, x; 161); chez *H. dendritica* existent les mêmes cellules, groupées en masse. Ne les ayant découvertes qu'après le temps où j'étais à même d'avoir des individus vivants, je n'ai pu m'assurer, par des expériences physiologiques, qu'elles prenaient part à la fonction excrétrice. Leur structure, analogue à celle indiquée chez *Helix*, par Cuénot [1], porte cependant à le croire; elles ne sont pas homologues aux chloragogènes des Annélides, si même celles-ci sont excrétrices (Kowalevsky, Grobben, etc.).

e) *Système reproducteur*. — La glande génitale occupe une très grande étendue et est formée d'acini hermaphrodites globuleux (fig. 159, vi). Le conduit hermaphrodite est renflé en avant en une sorte de « vésicule séminale » pelotonnée (fig. 159, viii, et fig. *E*, iv); il se divise en une branche mâle et une femelle :

α) La branche mâle reçoit aussitôt le conduit de la prostate (ix) (qui, dans *H. bifida*, est ovoïde, fig. 161, v, et non bifide), puis arrive au pénis, dépourvu de stylet (fig. 157, vii; 159, i) (qui existe dans *H. dendritica*);

β) La branche femelle est différemment conformée dans les deux espèces :

— * chez *H. bifida*, elle reçoit aussitôt les conduits de deux poches copulatrices : une grosse, antérieure (fig. 159, x; 160, xi), prise par Herdman pour l'estomac, chez *H. dendritica* [2], et une petite, postérieure (fig. 159, iv); ensuite elle se dirige en arrière, où elle se joint (au point où elle devient vagin) à la glande « tubuleuse » ou albuminipare (fig. 159, vii; 161, i); cette glande n'est pas « tubuleuse », mais formée de renflements non ramifiés, ovoïdes, situés au dos des acini de la glande hermaphrodite (fig. 159), sur toute la longueur de la glande génitale, et exclusivement

[1] Cuénot, *L'excrétion chez les Gastéropodes Pulmonés* (Comptes rendus, t. CXV, p. 256).

[2] Herdmann et Clubb, *On the innervation of the Cerata of some Nudibranchia* (Quart. Journ. micr. sc., vol. XXXIV, pl. XXXIII, fig. 20).

contenus dans le corps [alors que dans *H. dendritica,* elle est tubuleuse, ramifiée (fig. *E*, III) et s'étend dans les papilles (fig. 164, X; 165, II), les papilles de *H. bifida* ne renferment que les cæcums hépatiques (fig. 162)]; la partie antérieure du vagin reçoit (fig. 159, III) la sécrétion d'une grosse glande muqueuse (fig. 159, V) dont les cellules sont groupées en follicules, mais débouchent chacune isolément dans le conduit oviducal (fig. 161, VI).

Les orifices génitaux ne sont que *deux*, le conduit femelle ne se bifurquant pas (fig. 159, I, II; 156, I, VI), l'orifice mâle étant l'antérieur.

** Chez *H. dendritica* il y a, comme l'a représenté Bergh [1], deux orifices femelles, contrairement à ce qu'indiquent Trinchese et von Jhering [2], qui n'en mentionnent qu'un seul.

Le troisième orifice est peu visible du dehors (fig. 153), parce qu'il est situé en dessous de la saillie latérale (I, fig. *D*, dans le texte), plus en arrière que les deux ouvertures péniale et oviducale (II et III).

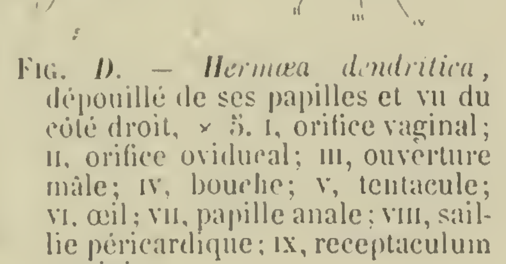


Fig. *D*. — *Hermæa dendritica*, dépouillé de ses papilles et vu du côté droit, × 5. I, orifice vaginal; II, orifice oviducal; III, ouverture mâle; IV, bouche; V, tentacule; VI, œil; VII, papille anale; VIII, saillie péricardique; IX, receptaculum seminis.

Aucun auteur n'ayant réussi à voir complètement les conduits génitaux si compliqués de *H. dendritica*, j'en donne ici une représentation détaillée (fig. *E* dans le texte).

La branche femelle du conduit génital, aussitôt après s'être séparée (au point I, fig. *E*) du canal mâle, se divise à son tour en deux (au point XII) : la première branche s'élargit en forme d'utérus (II), l'autre (oviducte proprement dit) passe par la glande muqueuse (VII) et arrive à l'orifice oviducal (XVI, fig. *E*; II, fig. *D*).

L' « utérus » se recourbe postérieurement, et arrive, par un vagin étroit (X, fig. *E*), au troisième orifice génital (XIII, fig. *E*; I, fig. *D*), immédiatement avant lequel il y a un long receptaculum seminis (VIII, fig. *E*), superficiel, visible du dehors (fig. *D*, IX).

[1] Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, VIII (Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XXXV, pl. I, fig. 3, p. 9).

[2] von Jhering, *Morphologie und Systematik des Genitalapparates von* Helix (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LIV, pp. 511 et 512).

La branche « utérine » du conduit femelle reçoit :

1° Le conduit de la glande albuminipare (III), bifurqué et débouchant d'abord dans le conduit femelle indivis (en XI), puis dans l'utérus (en IX);

2° Le col de la poche copulatrice (XIX, XV), lequel est en continuité de courbure avec le vagin (X) et l'utérus (II).

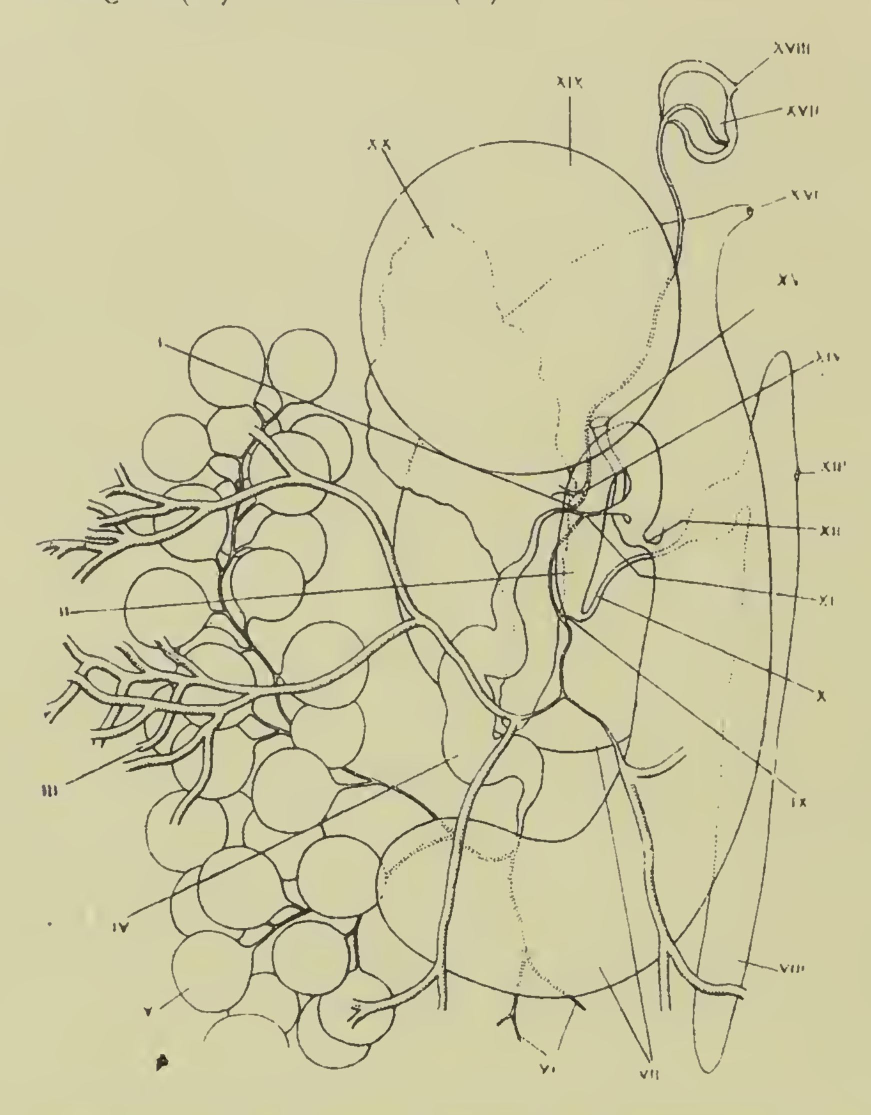


Fig. E. — *Hermæa dendritica*, organes génitaux, vus dorsalement, × 30. I, bifurcation du spermoviducte; II, utérus, III, glande albuminipare (portion de la moitié droite); IV, renflement du spermoviducte; V, acini de la glande génitale (partie antérieure de la moitié droite de celle-ci); VI, racines du spermoviducte; VII, glande de la glaire; VIII, receptaculum seminis; IX, première jonction de la glande albuminipare au conduit femelle; X, vagin; XI, seconde jonction de la glande albuminipare au conduit femelle; XII, point où la poche copulatrice débouche dans la jonction de l'oviducte et du vagin; XIII, orifice vaginal; XIV, jonction de la prostate au spermiducte; XV, orifice par lequel le canal de la poche copulatrice s'ouvre dans cette dernière; XVI, orifice oviducal; XVII, pénis; XVIII, ouverture mâle; XIX, poche copulatrice; XX, prostate.

Les œufs (*H. bifida*) se développent rapidement et sont très transparents; les deux premières sphères de segmentation présentent souvent une notable inégalité.

C. **Elysia** [1].

a) *Système nerveux.* — Il n'y a du système nerveux de *Elysia* et des formes voisines (*Elysiella, Plakobranchus,* etc.) que des descriptions et des représentations presque informes. Sa conformation est la même que chez les autres Nudibranches Élysiens (*Cyerce, Hermæa*) (fig. 167). Les coupes permettent de voir, dans chacun des deux centres supra-œsophagiens, un ganglion cérébral et un pleural fusionnés. La commissure viscérale porte trois ganglions presque en contact, dont les deux latéraux sont reliés aux centres cérébro-pleuraux, mais non aux pédieux; le médian innerve les viscères.

Le nerf pénial naît du ganglion pédieux de droite, entre lui et le cérébral; de ce même centre pédieux sort encore, postérieurement, un nerf avec un ganglion sur la portion terminale du spermiducte (fig. 179, VI).

Les ganglions gastro-œsophagiens existent comme dans *Cyerce* et *Hermæa:* reliés chacun par un long cordon au stomato-gastrique correspondant (fig. 167, I, VI), ils se trouvent à la jonction de l'œsophage et du cæcum œsophagien (fig. 170, II).

L'aorte passe au dos des deux commissures pédieuse et viscérale (fig. 168, IX).

b) *Système digestif.* — Les glandes salivaires sont multilobulées (fig. 179, V) et très divisées, s'étendant en arrière jusque sous l'estomac (fig. 179, IV); leurs conduits, assez longs et étroits, passent entre l'œsophage et les centres infra-œsophagiens (fig. 168, I), de part et d'autre du ganglion viscéral médian ou « abdominal ».

K. Brandt [2] a indiqué que les corpuscules chlorophylliens qui existent dans *Elysia* sont des états de développement d'algues; mais il n'a pas déterminé dans quel organe ils se trouvent. C'est tout l'appareil digestif,

[1] Espèce étudiée : *E. viridis* Montagu; provenance : Manche et Méditerranée.

[2] Brandt, *Ueber die morphologische und physiologische Bedeutung des Chlorophylls bei Thieren* (Mitth. zool. Stat. Neapel, Bd. IV, p. 243).

canaux hépatiques contractiles et intestin, qui renferme ces corpuscules (fig. 169, III, IX) : il ne s'agit donc pas d'algues parasites [1].

c) *Système circulatoire.* — A la face dorsale, il y a des vaisseaux superficiels (fig. 166, VII; 172, III; 175, V, etc.), que Souleyet et Bergh ont pris pour des ramifications du rein; ce sont les veines « branchiales » ou afférentes. Ces veines sont entourées, vers leur terminaison, d'un manchon rénal (fig. 172, 175), de sorte que le sang retournant à l'oreillette traverse et irrigue le rein.

d) *Système excréteur.* — Le rein de *Elysia* est situé sous le péricarde (fig. 171 à 176, et 183), s'étendant un peu autour de lui, sur les côtés. Il est contenu tout entier dans la saillie dorsale péricardique (fig. 166, V), mais il y est assez fort subdivisé, surtout en arrière; ses ramifications entourent les espaces veineux qui portent le sang vers les téguments et même les portions terminales des conduits afférents de l'oreillette. Toutefois, ses prétendues ramifications *à la surface des expansions palléales* (Souleyet, Bergh) sont les vaisseaux palléaux ramenant le sang à l'oreillette (fig. 166, VII).

La structure histologique de ce rein n'a rien offert de spécial, l'épithélium rénal étant assez pareil à celui des *Hermæa*.

L'orifice extérieur du rein, que Bergh n'a pu voir [2], se trouve à l'endroit où il a été indiqué par Souleyet [3] (fig. 166, VIII; 177, X).

Le caractère le plus remarquable de l'organe rénal de *Elysia*, — caractère unique non seulement parmi les Nudibranches, mais parmi tous les Mollusques, — est la *multiplicité des conduits réno-péricardiques;* ceux-ci ne sont même pas en petit nombre : il y en a plus d'une dizaine. Il ne s'agit pas, bien entendu, d'une disposition individuelle ou anormale, car le fait a été constaté sur divers exemplaires d'âge différent et de diverses localités.

[1] Dans les cæcums hépatiques contractiles de *Ercolania,* Trinchese a également constaté des cellules intactes de *Chætomorpha* (*Un nuovo genere della famiglia degli* Eolididei [ANN. MUS. CIV. GENOVA, t. II, p. 97 et 98, pl. VIII, fig. 3]), ce qui montre que chez les Élysiens la digestion se fait, au moins en partie, dans les ramifications contractiles du foie.

[2] BERGH, *Malakologische Untersuchungen,* p. 183.

[3] SOULEYET, *Zoologie du voyage de la* Bonite, Mollusques, pl. 24D, fig. 1, *p.*

Tous ces conduits réno-péricardiques s'ouvrent dans le péricarde, en arrière du ventricule; il y en a jusqu'à l'extrémité postérieure du péricarde (fig. 173). Ils constituent de courts canaux à épithélium élevé et cilié, dont les cils sont dirigés du péricarde vers le rein (fig. 174, II). Leur nombre et leur position ne sont certainement pas variables : j'en ai constaté onze ou douze (fig. 173); mais l'un deux a pu m'échapper dans plusieurs spécimens, à cause de la petite taille des conduits et des multiples contacts du péricarde avec le rein.

Le plus antérieur des orifices est ventral, sous la partie antérieure de l'oreillette, à gauche de la ligne médiane (fig. 173, VI; 171, IV). Tous les autres sont latéraux et se trouvent plus dorsalement que les « veines branchiales » ou vaisseaux afférents (je n'ai pas représenté chacun de ces conduits : ils se trouvent sur des coupes différentes, exemples : fig. 171, 173, 175; il n'y a qu'une seule coupe qui en montre deux : fig. 172).

Quel rapport cette disposition présente-t-elle avec la disposition normale chez les autres Mollusques (où chaque rein n'a qu'un orifice péricardique)? Et lequel de ces conduits multiples de *Elysia* est l'homologue de l'orifice unique des autres Mollusques? Je crois que c'est le plus antérieur ou ventral (fig. 171, IV; 173, VI) qu'on doit considérer comme tel. Les Nudibranches les plus voisins de *Elysia* (*Hermæa, Cyerce*, etc.) ont, en effet, l'orifice réno-péricardique à la même place, ventralement et à gauche, (fig. 148, 149, 163). Les autres conduits seraient secondaires ou adventifs, et résultent vraisemblablement de la multiplicité des contacts de surface entre le péricarde et le rein, celui-ci entourant plus ou moins le premier.

Les partisans des affinités entre les Mollusques (ou au moins les Opisthobranches) et les Vers plats, seront peut-être tentés de trouver ici un argument pour appuyer leur opinion. Mais le rein de *Elysia* est un seul nephridium impair (l'embryon de *Elysia* est asymétrique comme celui de tous les Gastropodes) et ne dérive pas d'une fusion de divers nephridia (comme celle qui se produit dans le développement des Vertébrés), ainsi que c'est probablement le cas pour tous les Vers plats.

c) *Système reproducteur*. — α) Glande génitale. — Elle est très divisée et répandue dans toute la partie postérieure du corps. Elle se compose d'acini

globuleux (fig. 182, XI) entièrement hermaphrodites, contrairement à l'ancienne opinion de Allman [1], Gegenbaur [2] et Souleyet [3], dont Pagenstecher avait déjà reconnu l'inexactitude [4]. Dans les individus adultes, ces acini renferment des ovules et des spermatozoïdes; mais les exemplaires jeunes (jusqu'à près de deux millimètres de largeur) ne montrent, *dans ces mêmes acini,* rien que des stades de développement des spermatozoïdes : il y a donc hermaphroditisme protandrique.

β) Conduits génitaux. — Il y a trois conduits génitaux, — proprement dit et accessoires, — ventraux, médians et parallèles (fig. 180, VIII, IX, X; 183, IV, VI, VIII) : le plus ventral est le spermoviducte ou conduit génital proprement dit; le médian, à droite, est le conduit de la prostate, *répandue dans tout le corps* (fig. 182, VI), comme la glande hermaphrodite elle-même; le plus dorsal, à gauche, est celui de la glande « tubuleuse », correspondant à la glande albuminipare des *Hermæa,* et s'étendant aussi dans tout le corps (fig. 182, X) : son aspect est très différent suivant qu'elle est en activité ou au repos; dans le second cas, qui est le plus fréquent, elle est fort réduite; dans le premier, ses ramifications montrent, autour de leur conduit très fin, de grosses cellules glandulaires.

Le conduit génital proprement dit, ou hermaphrodite, est formé par la réunion de tous les conduits de tous les acini hermaphrodites; il présente, sur son trajet, une grosse ampoule, pleine de spermatozoïdes, ou vésicule séminale (fig. 180, VIII; 183, V). Il se divise ensuite en deux branches :

* La *première,* gauche, reçoit tout aussitôt le conduit de la glande tubuleuse, ou albuminipare [5]. Cette branche constitue l'oviducte, avec un élargis-

[1] ALLMAN, *On the anatomy of* Actæon (ANN. MAG. NAT. HIST., 1re série, vol. XVI).

[2] GEGENBAUR, *Bemerkungen über die Geschlechtsorgane von* Actæon (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd. V).

[3] SOULEYET, *Mémoire sur le genre* Actæon *d'Oken* (JOURN. D. CONCHYL., t. I). — Cet auteur avait cependant représenté un acinus avec ses œufs, mais n'y a pas vu les spermatozoïdes (*loc. cit.*, pl. VI, fig. 3).

[4] PAGENSTECHER, *Untersuchungen über niedere Seethiere aus Cette* (ZEITSCHR. F. WISS. ZOOL., Bd. XII, p. 288, pl. XXVII, fig. 13).

[5] Souleyet (*Zoologie du voyage de la* Bonite, t. II, p. 490) dit que celle-ci lui a « paru s'ouvrir dans l'oviducte » (il appelle ainsi le *conduit hermaphrodite*) et la représente s'ouvrant dans ce dernier conduit *avant* sa bifurcation.

sement, ou « utérus », à parois glandulaires (glande muqueuse, ou de la glaire). Entre l'utérus et l'orifice de la glande albuminipare ci-dessus, le conduit est double, ou, en d'autres termes, le conduit de la glande albuminipare débouche successivement à deux points de l'oviducte (fig. 180, XI), comme dans *Hermæa dendritica*.

L'utérus reçoit, au côté droit, le conduit de la grosse poche copulatrice unique, située dorsalement, à gauche (fig. 180, XIV; 176, 177, 179, III). La paroi épithéliale de celle-ci, non ciliée, est remarquable par ses noyaux superficiels (fig. 181); le conduit de cette poche, cilié et à noyaux profonds (fig. 181, I), se bifurque : une seconde branche se rend plus en arrière, à l'oviducte proprement dit (fig. 176, VIII; 177, VII; 180, IV, V) (vraisemblablement pour la fécondation des œufs à leur descente dans l'oviducte).

** La *seconde* branche du canal hermaphrodite rencontre immédiatement le conduit de la prostate (fig. 180, IX) qui s'y jette. Cette prostate est ramifiée (comme la glande albuminipare) dans le corps entier (fig. 180, IX) : elle est formée de gros conduits ciliés dans lesquels débouchent une multitude de petites cellules glandulaires pyriformes, serrées les unes contre les autres. Cette branche arrive alors directement au pénis, en passant sous la masse génitale femelle accessoire.

γ) Orifices. — * L'orifice *mâle* est situé à droite, au-dessous de l'œil (fig. 166, II; 180, I).

** L'orifice femelle *oviducal* n'est pas dans un enfoncement commun avec le premier (mâle) (contrairement à ce que dit Pagenstecher [1]), mais plus en arrière, à droite aussi, à la hauteur de l'anus (fig. 166, IV; 180, II).

*** Enfin il existe un troisième orifice, non encore vu jusqu'ici, et placé entre l'anus et l'ouverture rénale extérieure, un peu plus dorsalement (fig. 166, IX). Cet orifice mène par un fin conduit (fig. 179, X; 177, IX) au côté gauche de l'utérus (fig. 180, XIII; 176, IX) : c'est donc un second orifice femelle, sans glandes sur le parcours de son canal, les œufs sortant par l'orifice oviducal ci-dessus.

Depuis que j'ai constaté la présence de ce troisième orifice génital, je n'ai

[1] PAGENSTECHER in BRONN, *Die Klassen und Ordnungen der Weichthiere*, p. 739, note

plus eu à ma disposition deux individus adultes vivants, à faire accoupler. Je n'en doute pas moins que ce soient là l'ouverture vaginale et son canal, sa courbure étant (fig. 180, XIII) en continuité avec celle du conduit (IV) de la poche copulatrice, ce qui n'est pas le cas pour l'oviducte.

Il est remarquable que ce troisième orifice et son canal se développent plus tard que les deux autres ouvertures génitales : en effet, sur de très jeunes individus, où ces deux autres ouvertures sont bien formées et où les acini de la glande hermaphrodite montrent des spermatozoïdes en développement, il n'y a pas encore d'orifice vaginal; mais on y voit, au point où le canal vaginal viendra s'ouvrir dans l'utérus, une forte saillie utérine (fig. 178, XII), pointant vers le côté droit, premier rudiment du canal susdit.

D. **Limapontia** [1].

a) *Système nerveux.* — Il y a chez *Limapontia* les mêmes ganglions que chez *Elysia,* disposés de la même manière, sauf que le ganglion « infra-intestinal » (viscéral gauche) y est nul.

Les ganglions cérébraux ne sont pas séparés par une longue commissure, comme l'indique von Jhering [2]. Quant à la commissure viscérale, elle n'a été vue ni par cet auteur (qui désigne sous ce nom les ganglions stomato-gastriques, fig. 186, I) [3], ni par Hancock [4]; elle comprend deux ganglions juxtaposés : un gros, presque médian (abdominal), et un autre, à droite, moins volumineux (supra-intestinal) (fig. 186, V, IV).

[1] Espèce étudiée : *L. depressa* Alder et Hancock; provenance : Manche. — Les nombreuses espèces de Nudibranches renseignées, dans ce travail, comme provenant de la Manche, ont été prises et étudiées au laboratoire du professeur Giard, à Wimereux, en 1891 et 1892. C'est donc aux ressources de cet établissement que je dois d'avoir pu faire une grande partie de mes recherches.

[2] VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken,* pl. II, fig. 9.

[3] IDEM, *ibid.*, pl. II, fig. 9, *Pr. vi.*

[4] ALDER et HANCOCK, *On a proposed new order of Gasteropodous Mollusca* (ANN. MAG. NAT. HIST., 2e série, vol. I, pl. XX, fig. 8).

Les otocystes se trouvent entre les centres cérébro-pleuraux et pédieux (fig. 186, VI), et renferment chacun un otolithe. Le nerf optique est long et l'œil (fig. 186, VIII) presque superficiel (fig. 184, III); ses cellules rétiniennes (comme chez *Cyerce, Hermaea* et *Elysia*) sont plus petites et plus nombreuses que dans les autres Nudibranches. Bien qu'il n'y ait plus de tentacule différencié (voir fig. 184), il y a encore un ganglion rhinophorique bien développé (fig. 186, VII).

b) *Système digestif.* — Le tube digestif est sensiblement droit, l'anus s'ouvrant en arrière, sur la ligne médiane (fig. 184, II). L'œsophage est fort long (fig. 190, IV; 191, II; 192, I; 193, IX). Le foie, contrairement aux dires de Vayssière [1], n'est pas composé de « deux lobes assez compactes », mais est très divisé, ses ramifications s'étendant par tout le corps (fig. 188-194).

c) *Systèmes circulatoire et excréteur.* — Le cœur, qui est aussi bien développé que dans tous les autres Mollusques, est situé assez en arrière, au milieu de la face dorsale (fig. 193); le ventricule (I) est partiellement recouvert par l'oreillette (XI).

Le rein est petit et sans ramifications; il se trouve en arrière du péricarde (fig. 194, I) et s'ouvre au milieu du dos, un peu en avant de l'anus (fig. 189). Il ne présente pas d'orifices péricardiques multiples, comme chez *Elysia*.

d) *Système reproducteur.* — α) La glande génitale, comme chez *Elysia*, est composée d'acini hermaphrodites globuleux, s'étendant dans toute la partie postérieure du corps (fig. 187, VI; 189-194).

β) Le conduit hermaphrodite, renflé et pelotonné (fig. 187, IX) n'offre pas de vésicule séminale. Il se divise en deux branches:

* Le spermiducte (XII, fig. 187), dans lequel débouche la prostate,

[1] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, *loc. cit.*, p. 145.

bifurquée (XI), non aussi étendue que dans *Elysia* et localisée dans la moitié antérieure du corps (toutefois, dans la plupart des individus, elle est plus développée que sur la figure 187, et s'étend jusqu'au cœur) (fig. 193, VII). Le spermiducte se termine par un pénis pourvu d'un stylet tubuleux (fig. 187, I; 188, VI), qui s'ouvre tout en avant, au côté droit, vers la face ventrale (fig. 185, IV).

** Le conduit femelle s'élargit en une sorte d' « utérus », dans lequel s'ouvrent : la poche copulatrice unique, située dorsalement, au côté gauche (fig. 187, III; 190, XI) et, par deux orifices (187, VIII) — comme chez *Elysia* —, la glande albuminipare tubuleuse (187, VII), ramifiée dans le corps entier (fig. 189-194).

Ce conduit se divise alors en deux branches : un oviducte proprement dit, et un vagin, postérieur. Le premier, sur le parcours duquel est une grosse glande muqueuse (fig. 187, IV) occupant le côté droit de la partie antérieure du corps (fig. 191, XII), s'ouvre en avant, à côté du pénis (fig. 187, II; 188, V). Le vagin se dirige latéralement et débouche au côté droit, vers le milieu du corps, ventralement (fig. 187, V; 185, III; 192, VI). Comme dans *Elysia*, sa courbure est continue avec celle du canal de la poche copulatrice.

E. **Élysiens en général.**

De tous les Nudibranches, les Élysiens ou Sacoglosses sont certainement les moins bien connus. Cela concorde avec le fait que c'est le seul grand groupe de Nudibranches sur lequel Hancock n'a rien publié (sauf sur *Limapontia*).

L'étude que j'ai faite de cinq genres et six espèces de Sacoglosses me permet de présenter le résumé suivant, sur le système nerveux, le rein et les organes génitaux :

a) *Système nerveux.* — Il est caractérisé par les ganglions pédieux voisins l'un de l'autre, et par la commissure viscérale portant trois ganglions presque en contact : un gros ganglion abdominal médian, un ganglion supra-intestinal bien développé, à droite, et un ganglion infra-intestinal, petit (parfois nul), au côté gauche (fig. 167, 186, et *B*, dans le texte, p. 51).

Les ganglions gastro-œsophagiens, caractéristiques des Nudibranches, réputés absents dans les Sacoglosses [1], y existent comme dans les autres Opisthobranches nus : je les ai constatés chez *Cyerce* (fig. *B*, v), *Hermæa*, *Elysia* (fig. 167, vi); ils sont seulement plus éloignés des stomato-gastriques que chez les autres Nudibranches, ce qui est vraisemblablement dû au développement du cæcum œsophagien que présentent ces animaux.

b) *Système excréteur.* — Le rein est généralement semblable à celui de *Eolis*, c'est-à-dire constitué par une poche non ramifiée, à conduit péricardique court, située sous le péricarde. Toutefois, on remarque dans diverses formes (*Cyerce, Hermæa dendritica, Elysia*) une tendance du rein à entourer le péricarde sur les côtés et à s'étendre même au dos de cet organe. Les contacts multiples qui en résultent déterminent, chez *Elysia*, la formation d'un grand nombre d'orifices réno-péricardiques.

Dans le cas où le rein est réduit en étendue, certaines cellules conjonctives plasmatiques paraissent devenir excrétrices, jouant le rôle de rein d'accumulation, pendant toute la vie de l'individu.

c) *Système reproducteur.* — L'appareil reproducteur des Élysiens est plus compliqué par lui-même que dans aucun autre Mollusque. La connaissance qu'on en a est d'autant moins parfaite que les divers auteurs qui se sont occupés d'une même espèce ne sont pas d'accord entre eux, et, surtout, qu'*aucun d'eux n'est absolument sûr* [2] de la conformation qu'il décrit d'ailleurs incomplètement.

[1] Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, V (Verhandl. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd. XXVI, p. 745, note 2 : « Gastro-œsophageale Ganglien scheinen bei der ganzen » Gruppe der Ascoglossen zu fehlen ».)

[2] Ainsi en est-il pour *Elysia* (Souleyet, *Zoologie du voyage de la* Bonite, t. II, p. 490. — Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 184); *Stiliger* et *Ercolania* (Trinchese, *Un nuovo genere delle famiglia degli Eolididei*, loc. cit., p. 114, 115 et 130 — explication de la pl. XII. — Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, loc. cit., Bd. XXVI, p. 820, pl. 11, fig. 13 et 111, fig. iv, Bd. XXXV, p. 15); *Hermæa* (Trinchese, *Anatomia della* Hermæa dendritica, *loc. cit.*, p. 457. — Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, loc. cit., Bd. XXXV, p. 10 et précéd. — Von Jhering, *Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 369).

Les acini de la glande génitale sont tous hermaphrodites [1]. Le conduit hermaphrodite a sur son parcours un renflement, spécialisé en vésicule séminale chez *Elysia*.

Les conduits mâle et femelle, résultant de la division du conduit hermaphrodite, aboutissent à *deux* orifices un peu écartés, chez *Hermæa bifida* (fig. 156, 159).

Dans tous les autres Élysiens, il y a *trois* orifices génitaux : en effet, le conduit femelle se bifurque dans *Cyerce* et a deux ouvertures (vaginale et oviducale) voisines (fig. *C*, dans le texte); il en est de même chez *Hermæa dendritica* (fig. *E*, p. 56) et *Stiliger* (= *Ercolania*) (fig. 154) [2]. Chez *Elysia* et *Limapontia* ces deux ouvertures femelles sont plus écartées (fig. 166, 180, 187); l'orifice vaginal (au moins dans *Elysia*) ne se développe que longtemps après les deux autres ouvertures génitales.

Les organes génitaux accessoires sont : une prostate, débouchant dans le spermiducte (parfois ramifiée dans une grande partie du corps : *Limapontia, Elysia*); une glande albuminipare étendue dans le corps entier et jusque dans les papilles dorsales (*Hermæa dendritica*), et une glande muqueuse compacte, s'ouvrant successivement dans le conduit femelle (la première par deux orifices, dans *Hermæa dendritica, Stiliger, Elysia* et *Limapontia*); enfin, une poche copulatrice (deux dans *Hermæa bifida* [3]), débouchant dans le conduit femelle (par deux conduits : un d'entrée, un de sortie, chez *Elysia*).

[1] Comme Pagenstecher l'a montré le premier pour *Elysia* (*loc. cit.*) et comme l'ont aussi reconnu depuis Trinchese, pour *Hermæa dendritica* (*Anatomia della* Hermæa dendritica, loc. cit., pl. II, fig. 9); Bergh, pour *Phyllobranchus* et *Plakobranchus* (*Malakologische Untersuchungen*, pl. X (fig. 2 et XVIII, fig. 10).

[2] Contrairement à ce qu'indiquent, chez *H. dendritica*, Trinchese (*Anatomia della* Hermæa dendritica, loc. cit.) et von Jhering (*Morphologie und Systematik des Genitalapparates* von Helix [Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd. LIV, pp. 511, 512)] et, chez *Ercolania*, Souleyet (*Zoologie du voyage de la* Bonite, Mollusques, pl. 24c, fig. 15) et Vayssière (*Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, loc. cit., pl. VII, fig. 13) : une seule ouverture femelle. — L'espèce de *Stiliger* étudiée ici est *S. funereus*, Costa, de la Méditerranée; l'appareil reproducteur y est constitué comme chez *Hermæa dendritica* (fig. *E*, dans le texte) : je ne l'ai donc pas décrit, pour éviter des répétitions; la seule différence notable est l'absence de la longue poche jointe à l'orifice vaginal (viii, fig. *E*).

[3] Puisque *H. bifida* n'a qu'un orifice femelle, tous les Sacoglosses ne sont donc pas

8. NUDIBRANCHES EN GÉNÉRAL.

a) *Système nerveux.* — Il ne sera question ici que de trois points spéciaux : α les commissures infra-œsophagiennes; β l'innervation des appendices dorsaux; γ l'innervation du pénis.

α) Commissures infra-œsophagiennes. — A part la commissure stomato-gastrique, il y a chez les Nudibranches quatre commissures *infra*-œsophagiennes : la viscérale, la pédieuse, la parapédieuse et la subcérébrale [1]. Les deux premières sont suffisamment connues et ne sont pas l'objet de contestations; il y a néanmoins des remarques à faire à leur sujet, comme à propos des autres.

* Commissure viscérale. — Il y a, chez les Polyceratidæ, une grande variabilité des éléments ganglionnaires de cette commissure (exemples : *Polycera, Goniodoris*, etc.), ce qui a fait croire à von Jhering [2] au caractère secondaire des ganglions viscéraux des Nudibranches. Le même fait s'observe d'ailleurs aussi chez les Pleurobranchiens, parmi les Tectibranches.

Il n'y a jamais de symétrie dans les nerfs naissant de la commissure viscérale des Nudibranches; ces nerfs sont exclusivement génitaux et réno-

« triaules », ce que supposait von Jhering (*Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 374); je présume que la seconde poche copulatrice de *H. bifida* (IV, fig. 159) est l'*homologue du vagin* des autres Élysiens, et que par spécialisation, cette poche se serait ouverte directement au dehors (comme le fait le vagin de *Elysia*, fig. 178, XII, longtemps après le développement des ouvertures péniale et oviducale) : une preuve de la plus grande spécialisation des *Hermæa* à trois orifices génitaux est l'extension de la glande albuminipare jusque dans les papilles dorsales.

[1] La « commissure » labiale de *Doris tuberculata* est une anastomose de deux nerfs labiaux, ainsi qu'il a été indiqué à propos de *Pleurobranchæa*. — Au-*dessus* de l'œsophage, il n'y a que la commissure cérébrale; en aucun cas, il n'y a de commissure *pleurale;* à cet égard sont inexactes les figures de Bergh relatives à *Trevelyana* et *Euplocamus* (*Beiträge zu einer Monographie der Polyceraden*, III (VERHANDL. ZOOL.-BOT. GESELLSCH. WIEN, Bd. XXXIII, pl. VI, fig. 11 et X, fig. 8), et de von Jhering, relative à *Tritonia* (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, pl. II, fig. 6).

[2] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 197.

cardiaques; aucun d'eux ne prend part à l'innervation des appendices dorsaux [1].

** Commissure pédieuse. — Dans la généralité des Nudibranches, elle est fort longue, plus que chez les autres Opisthobranches. Il y a toutefois à noter qu'elle est très courte ou nulle dans *Fiona, Ancula,* et chez la plupart des Élysiens, par suite de la juxtaposition des centres pédieux qui restent alors sous l'œsophage; on peut d'ailleurs encore noter que ces centres sont voisins, sous l'œsophage, dans *Dendronotus* et *Doto* [2], où leur commissure est, par suite, également courte. Le nom « Notoneurés », par lequel de Lacaze-Duthiers a voulu désigner les Nudibranches (+ les Pleurobranches) [3], indiquant par là que *tous* les centres nerveux sont à la face dorsale du tube digestif, n'est donc aucunement justifié, puisqu'il rencontre autant d'exceptions.

*** Commissure parapédieuse. — La seconde commissure pédieuse constatée dans la généralité des Nudibranches, mais souvent contenue avec la pédieuse proprement dite dans une enveloppe commune, est homologue à la parapédieuse des Tectibranches : chez ces derniers elle est ordinairement plus longue que la pédieuse, et porte un petit nerf vers son milieu (exemple : fig. 29, VIII), tandis que dans les Nudibranches, les deux commissures sont parallèles, d'égale longueur et sans nerf « parapédieux » (exemple : fig. 100, VI et XI). Toutefois, parmi les Tectibranches, on peut déjà voir que la parapédieuse, tout en conservant son nerf, devient parallèle à la pédieuse, et de même longueur qu'elle, dans *Tylodina* et *Umbrella*, et que dans les Pleurobranchidæ, elle est parallèle et sans nerf, contenue dans la même gaîne que la pédieuse, tout comme chez les Nudibranches.

**** Je n'ai pas reconnu l'existence, chez les Nudibranches, d'une commissure « paracérébrale » distincte, signalée par von Jhering [4] : ce doit

[1] Contrairement à l'opinion de von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 179, 9).

[2] Espèces étudiées : *D. fragilis* Forbes et *D. coronata* Müller, toutes deux de la Manche et de la Mer du Nord.

[3] DE LACAZE-DUTHIERS, *La classification des Gastéropodes basée sur les dispositions du système nerveux* (COMPTES RENDUS, t. CVI, p. 716 et suiv.).

[4] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 198, 199. — Dans *Polycera*, où von Jhering signale cette commissure, je n'ai vu, outre les commissures pédieuses et viscérale, que la subcérébrale.

être la subcérébrale. Je n'ai, en effet, trouvé chez les Opisthobranches que cette dernière en plus des trois précédentes. *Pleurobranchæa* a été étudié à ce point de vue, de façon à ne rien laisser échapper (fig. 88 à 95); et par sa situation intermédiaire entre les Tectibranches et les Nudibranches, ce genre rend compte de ce qui existe dans l'un comme dans l'autre groupe.

Cette commissure naît des centres cérébraux, c'est du moins ce qui a été observé dans les formes étudiées spécialement à ce point de vue parmi les Nudibranches; il en est de même chez *Pleurobranchæa,* où elle sort des centres cérébraux (comme dans les autres Tectibranches), en arrière du dernier nerf cérébral postérieur. La commissure subcérébrale a été reconnue chez *Tritonia* (fig. 100), *Marionia, Dendronotus, Tethys, Melibe, Polycera* (fig. 118), *Goniodoris* (fig. 122), *Corambe, Glaucus, Hermæa,* etc.

***** Rapports de l'aorte avec les commissures infra-œsophagiennes. — Les Nudibranches sont réputés avoir l'aorte passant hors des commissures [1]. Or, dans les divers Élysiens, ce vaisseau passe à l'intérieur des commissures pédieuse et viscérale (fig. 158, III; 168, IX); les relations sont donc variables dans le groupe des Nudibranches comme elles le sont d'ailleurs chez les Tectibranches. Je trouve, en effet, les différentes dispositions suivantes parmi les Opisthobranches : l'artère passe,

1. Hors de la commissure viscérale.
   - 1° Dans les deux commissures pédieuses [2] : *Lobiger* (fig. 65);
   - 2° Dans la commissure parapédieuse seule : *Acera* (fig. 29), Aplysiens (fig. 78 et 81);
   - 3° Hors des deux commissures pédieuses : la plupart des Bullidés, les Pleurobranches et la plupart des Nudibranches;
2. Dans la commissure viscérale et dans la commissure pédieuse [3] : les Élysiens.

β) Innervation des appendices dorsaux. — Herdman et Clubb, étudiant l'innervation des appendices dorsaux des Nudibranches, arrivent à ce résultat

[1] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes,* loc. cit., p. 201. — BOUVIER, *Quelques observations anatomiques sur les Mollusques Gastéropodes,* p. 2 (COMPTES RENDUS SOC. BIOL. PARIS, 17 déc. 1892).

[2] Comme dans les Pulmonés (voir par exemple la fig. 205 : *Auricula*).

[3] Comme dans les Streptoneures ou Prosobranches.

qu'ils sont innervés tantôt par les centres pédieux (*Eolis*), tantôt par les centres pleuraux, tantôt par les deux (*Dendronotus*) [1].

Or, chez *Eolis*, j'ai constaté qu'il n'arrive aux papilles dorsales, en dehors de nerfs pleuraux, que des nerfs de la commissure stomato-gastrique (fig. 134, IV), qui en innervent la partie endodermique (cæcum hépatique) et dont l'origine est toute voisine (en apparence) des centres pédieux, ce qui a pu tromper des observateurs.

Quant à l'innervation pleuro-pédieuse chez *Dendronotus*, elle résulterait de la formation d'un plexus pleuro-pédieux chez ce genre. Or, dans ce plexus, que j'ai retrouvé chez *Phyllirhoe* (du même groupe — Tritoniens — que *Dendronotus*), il n'y a pas échange de fibres, mais simplement accolement local de deux nerfs, pleural et pédieux, qui conservent leur complète indépendance et dont le premier seul prend part à l'innervation des téguments et appendices dorsaux.

Les appendices dorsaux des Nudibranches sont donc tous homologues entre eux et de nature *palléale*.

γ) Innervation du pénis. — Dans divers Nudibranches, le pénis est renseigné comme innervé par le centre pleural droit : par exemple chez *Goniodoris* [2], *Polycera* [3], etc. Or, l'examen que j'ai fait de ce point m'a montré que le pénis est innervé par le ganglion pédieux droit dans *Goniodoris* (fig. 122), *Polycera* (fig. 116 et 118), *Tritonia, Dendronotus, Elysia*. D'autre part, Vayssière a constaté l'innervation pédieuse du pénis de *Marionia* [4] et *Glaucus* [5]. Enfin, dans *Pleurobranchæa*, il en est encore de même (fig. 90, VII); et la situation de ce genre, intermédiaire entre les Nudibranches et les Tectibranches, rend vraisemblable qu'il en est chez ces deux groupes

[1] HERDMAN et CLUBB, *On the innervation of the Cerata of some Nudibranchia*, loc. cit., p. 553.

[2] ALDER et HANCOCK, *A Monograph of the British Nudibranchiate Mollusca*, fam. 1, pl. 17, fig. 4, 7.

[3] VON JHERING, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 191.

[4] VAYSSIÈRE, *Atlas d'anatomie comparée des Invertébrés*, Mollusques, pl. IX, fig. 2, 3.

[5] VAYSSIÈRE, *Observations sur l'anatomie du Glaucus* (ANN. D. SC. NAT., sér. 6, t. I, fig. 4 et 9, J.).

comme chez lui; en effet, j'ai trouvé le pénis innervé par le centre pédieux droit dans *Actæon* (fig. 3, v), *Acera* (fig. 29, n), les Aplysiens (fig. 81, m); et il résulte des observations de Vayssière que les Bullidés sont dans le même cas [1].

On peut donc conclure que dans les Opisthobranches comme dans la généralité des Streptoneures ou Prosobranches, le pénis est un organe de nature *pédieuse*.

b) *Système reproducteur*. — Meckel a, le premier, reconnu que la glande génitale des Nudibranches est formée d'acini mâles et femelles distincts; mais il supposait que ces acini de sexe différent étaient sans communication entre eux, et que dans les conduits communs, il y avait un canal mâle emboîté dans le canal femelle [2]. Nordman avait reconnu, l'année suivante, que les acini ovulaires débouchent dans des poches pleines de spermatozoïdes; mais il prenait la glande hermaphrodite pour la partie exclusivement femelle de l'appareil génital, et tenait les sacs pleins de spermatozoïdes pour des « poches de fécondation » [3].

C'est R. Leuckart qui a, le premier, déterminé et exactement interprété la constitution de la glande hermaphrodite des Nudibranches, notamment de *Eolis* [4] : « acini périphériques exclusivement ovulaires, s'ouvrant dans des poches centrales productrices de spermatozoïdes ». Son interprétation a été confirmée, depuis, pour un grand nombre de genres, par divers auteurs; et lorsque certaines formes paraissaient faire exception, un examen plus approfondi montrait qu'elles se comportent comme les autres (exemple : *Phyllirhoe*, fig. 114) : il est même des Nudibranches où les acini mâles et femelles se voient à la loupe (exemple : *Fiona*, fig. 144). Il faut noter

[1] VAYSSIÈRE. *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés* (ANN. D. SC. NAT., sér. 6, t. IX, pp. 67, 104, 106, 109 du tiré à part).

[2] MECKEL, *Ueber den Geschlechtsapparat einiger hermaphroditischer Thiere* (ARCH. F. ANAT. UND PHYS., 1844, pp. 498, 504; pl. XV, fig. 14 [*Dendronotus*]).

[3] NORDMANN, *Versuch einer Monographie des Tergipes Edwardsi* (MÉM. PRÉSENTÉS A L'ACAD. ST-PÉTERSBOURG, t. IV).

[4] In FREY et LEUCKART, *Beiträge zur Kenntniss der Wirbelloser Thiere*, p. 63, pl. I, fig. 11. — LEUCKART, *Zoologische Untersuchungen*, III, p. 78, pl. II, fig. 15.

cependant que chez *Eolis* (*Coryphella*) *Landsburgi*, tous les acini de la glande hermaphrodite produisent des ovules par leur hémisphère distal, et des spermatozoïdes par leur hémisphère proximal, et que cette disposition a été reconnue générale chez les Élysiens (fig. 182, XI; 189 à 194).

C'est aussi, je crois, Leuckart qui a, le premier, fait connaître l'hermaphroditisme protandrique chez les Gastropodes hermaphrodites[1]. Ce phénomène peut être considéré comme général; je l'ai reconnu dans les divers cas que j'ai examinés : *Eolis* (fig. 138), *Elysia*, parmi les Nudibranches; *Clio* (fig. 75*a*), *Lobiger* (fig. 63), *Clione*, etc., parmi les Tectibranches.

D'après Trinchese, les œufs ne se développeraient pas au même endroit du corps que les spermatozoïdes, chez *Bosellia* (forme voisine de *Elysia*)[2]; cet auteur ne peut d'ailleurs expliquer comment les parties mâle et femelle des acini se rejoignent par la suite. A l'encontre de cette opinion, je ferai remarquer que dans *Elysia*, si l'on examine des individus de plus en plus grands, on voit les premiers œufs apparaître dans les acini, là même où des spermatozoïdes seuls existaient précédemment, de sorte qu'on ne peut pas conclure à la formation d'une glande hermaphrodite par fusion de deux parties mâle et femelle d'origine distincte (respectivement exodermique et endodermique : Fol, « Ptéropodes »); tous les éléments génitaux sont mésodermiques, d'origine commune. Et j'ajouterai que dans des formes hermaphrodites, où il y a, chez l'adulte, des acini mâles et femelles *séparés* (*Pelta*), on voit au contraire, chez le jeune, les ovules et les spermatozoïdes naître ensemble de la paroi non encore spécialisée d'une poche commune (fig. 61, IV).

1 LEUCKART, *Zoologische Untersuchungen*, III, pp. 75, 76.

2 TRINCHESE, *Descrizione del nuovo genere Bosellia* (MEM. ACCAD. DE SC. DEL ISTITUTO, BOLOGNA, sér. 5, t. I, p. 777).

II. PULMONÉS.

A. **Auricula** [1].

a) *Conformation extérieure et téguments.* — Moquin-Tandon a signalé autrefois dans ce genre l'existence de tentacules antérieurs rudimentaires [2], qu'aucun autre Basommatophore ne possède. Ces organes existent en effet (fig. 195, II; 196, V) sous forme de saillies hémisphériques situées à la partie antéro-dorsale du mufle, innervées comme les tentacules antérieurs d'un Stylommatophore.

Le pied présente au côté droit un sillon latéral allant de l'ouvertre génitale hermaphrodite à l'orifice du pénis (fig. 195, III; 196, II; 197, IV; 200, VIII). Ce sillon existe probablement dans les autres espèces du genre; on le reconnaît en effet dans diverses anciennes figures d'Auricules [3]. Il y a, à la partie antérieure du pied, une « glande supra-pédieuse » (fig. 200, V), s'étendant moins profondément toutefois que chez les Stylommatophores.

L'ouverture de la cavité palléale ou « pneumostome » se trouve très en arrière (fig. 197, V; 198, X) et n'est pas pourvue d'un lobe palléal inférieur, ou lobe respiratoire, commun à tous les autres Basommatophores (fig. 209, VII; 213, VIII). Les seuls autres orifices extérieurs du côté droit sont l'ouverture hermaphrodite et l'orifice du pénis; l'anus ne s'ouvre pas hors de la cavité palléale; c'est le seul Pulmoné qui soit dans ce cas.

Antérieurement, au côté gauche du bord du manteau, il y a une grosse glande muqueuse palléale, ovoïde (fig. 198, II; 200, III; 202, VI), que Souleyet a prise pour un poumon [4], mais qui est sans communication avec la cavité palléale : elle s'ouvre au dehors, entre le manteau et le pied, en avant (fig. 202bis, IV). Outre cette glande palléale, il y a encore, au même endroit, un peu plus dorsalement, un cæcum assez profond (fig. 200, II).

[1] Espèce étudiée : *A.* (*Alexia*) *myosotis* Draparnaud; provenance : Manche.

[2] Moquin-Tandon, *Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France*, t. II, pp. 411, 412.

[3] Quoy et Gaimard, *Zoologie du voyage de l'Astrolabe*, Mollusques, t. II, p. 157.

[4] Souleyet, *Zoologie du voyage de la Bonite*, Mollusques, pl. 32, fig. 1, *p*.

Dans beaucoup d'individus, le tortillon viscéral ne montre plus de tours séparés, par suite de la concrescence qu'amène entre eux la disparition des cloisons internes de la coquille; la trace des tours reste cependant plus ou moins visible (fig. 198, VII) (on sait que dans d'autres *Auricula,* la masse viscérale ne présente pas de tours du tout, dans aucun individu : exemple, *A. brunnea* [1]).

b) *Système nerveux* (fig. 205). — Le collier œsophagien se trouve en avant du bulbe buccal (fig. 203, II). Les centres cérébraux sont séparés par une assez longue commissure. Le ganglion pleural droit est à peu près à égale distance des centres cérébral et pédieux correspondants, mais le pleural gauche est accolé au pédieux.

La commissure viscérale est assez longue (pour un Pulmoné) et porte trois ganglions très espacés; le gauche, accolé au pleural correspondant, donne un nerf palléal en avant : c'est le centre infra-intestinal; le médian, gros et situé un peu à droite de la ligne médiane, présente deux nerfs principaux, postérieurs, qui se distribuent aux organes génitaux : c'est le ganglion abdominal; enfin, le centre de droite ou supra-intestinal, situé plus dorsalement que celui de gauche, donne naissance à un gros nerf palléal dirigé en avant, bifurqué dans le bord du manteau et dont la branche postérieure porte un renflement ganglionnaire à sa naissance (fig. 205, IV).

Les ganglions pédieux sont accolés l'un à l'autre; l'aorte passe au-dessus d'eux (fig. 202, XV), mais sous la commissure viscérale (fig. 205, VIII).

Les centres stomato-gastriques sont écartés l'un de l'autre et situés postérieurement entre l'œsophage et le bulbe buccal (fig. 201, III), reliés aux ganglions cérébraux par de longs connectifs.

Il n'y a pas, à gauche, de ganglion interprété par Spengel [2] comme osphradial; à droite, il n'y a pas non plus d'osphradium différencié, mais il reste néanmoins un ganglion osphradial [3] : c'est le petit ganglion situé sur le nerf du centre supra-intestinal (fig. 205, IV). Les otocystes se trouvent sur la face dorsale des centres pédieux, un peu latéralement (fig. 202, IX;

[1] SOULEYET, *loc. cit.*, pl. 32, fig. 1.

[2] SPENGEL, *Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken,* loc. cit., p. 364.

[3] C'est le seul Pulmoné terrestre qui ait encore ce ganglion bien développé.

205, VI); ils renferment de nombreux otoconies oliviformes. Quant à l'œil, il est parfaitement normal [1].

c) *Système digestif* (fig. 203). — Le bulbe buccal est assez long; il y a une mandibule dorsale unique; les glandes salivaires (X) sont longues également (ne traversant pas le collier œsophagien) et peu lobulées. L'œsophage est long et porte en son commencement un renflement à parois minces; il arrive à l'estomac (situé dans le tortillon, fig. 206, I) par le côté gauche.

L'estomac est ovoïde, un peu allongé, pourvu d'un anneau musculaire transversal, épais, sans dents intérieures [2], mais à revêtement cuticulaire continu (le contenu de l'estomac est de nature végétale). Le foie, qui occupe la plus grande partie du tortillon (fig. 204 et 206, II), débouche dans le tube digestif par deux orifices (fig. 203, VII, VIII) : l'antérieur, qui est le plus petit, dans la portion terminale de l'œsophage, au côté droit; le postérieur, plus fort, dans la partie postérieure de l'estomac, en arrière de l'anneau musculaire, au côté gauche, ventralement.

L'intestin naît de la partie antérieure de l'estomac; dans sa portion initiale est un fort repli intérieur longitudinal. Cet intestin fait quatre coudes plus ou moins complets : le premier d'avant en arrière; le deuxième de droite à gauche; le troisième de gauche à droite et le dernier, d'arrière en avant (fig. 203). L'anus débouche à droite, *dans* la cavité palléale, à la partie tout à fait postérieure, dans le voisinage du pneumostome (c'est le seul Pulmoné dont l'anus ne s'ouvre pas hors de la cavité palléale).

d) *Système circulatoire et excréteur.* — Le cœur (fig. 198, III) est placé superficiellement, au côté ventral gauche de la masse viscérale antérieure. Il est disposé transversalement (en avant de l'extrémité postérieure du rein), très légèrement « prosobranche », c'est-à-dire le ventricule un peu plus en

[1] *Auricula Midæ* et *A. Judæ* sont réputés aveugles; or, dans le premier, Recluz (*Journ. de Conchyl.*, t. I, p. 298) a indiqué que les yeux sont enfoncés dans les téguments; dans le second, Quoy et Gaimard ont indiqué la même chose (*Zoologie du voyage de l'Astrolabe*, t. II, pp. 28 et 158), et la présence d'yeux y a été confirmée par von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 222).

[2] Ce n'est qu'avec doute (« *wenn ich recht sah* ») que von Jhering a mentionné des dents dans l'estomac de *Auricula* (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 221).

arrière que l'oreillette (c'est le moins prosobranche des Basommatophores).

Le rein est un sac sans uretère, à paroi intérieure plissée et cloisonnée (fig. 207, 208). Il est placé transversalement (fig. 198, IV), au plafond de la cavité palléale (fig. 204, X; 207, I; 208, III), et va en se rétrécissant de gauche à droite, où il s'ouvre (fig. 208, I) à une certaine distance du pneumostome, plus en avant. L'orifice réno-péricardique se trouve en arrière du rein, à son côté gauche (fig. 198, V).

e) *Système reproducteur* (fig. 199). — La glande génitale occupe la partie postérieure du tortillon, avec le foie; elle est composée d'acini produisant tous des ovules et des spermatozoïdes. Le conduit hermaphrodite, renflé et contourné, est toujours rempli de sperme, sauf au moment de la descente des ovules qui précède la ponte; il arrive à la glande albuminipare qui n'est qu'un épaississement glandulaire local de sa paroi (les cellules glandulaires y sont groupées en follicules, fig. 208, X), puis, à l'extrémité de celle-ci, il reçoit la glande muqueuse (fig. 207 et 208, IX). Il poursuit alors sa route à droite, d'arrière en avant, et vient s'ouvrir dans le vagin (fig. 199, V; 201, X): celui-ci est l'extrémité élargie du canal de la poche copulatrice; ce vagin s'ouvre au côté droit, hors de la cavité palléale, mais près du bord du manteau, tout en haut et en arrière du pied (fig. 197, I), non loin du pneumostome. Cette ouverture du vagin est donc un orifice hermaphrodite, puisque le conduit génital ne s'est pas encore bifurqué: *Auricula* est le seul Pulmoné qui soit dans ce cas. Quand à la poche copulatrice (fig. 199, IX), elle est sphérique, à long col (fig. 207, V; 208, II) et située au côté gauche, contre les glandes accessoires (albuminipare et muqueuse).

De l'ouverture génitale hermaphrodite part un sillon auquel il a été fait allusion plus haut (*a*) et qui va jusqu'à l'orifice du pénis (fig. 197, IV); au fond de ce sillon se trouve le conduit spermiducal, clos (fig. 199, III; 200, IX), sauf auprès de l'ouverture hermaphrodite, où il est ouvert pour communiquer librement avec le conduit hermaphrodite (fig. 199, X; 202, X); ce conduit est intérieurement cilié sur toute sa longueur. Le pénis, gros et musculeux, traversé par le spermiducte (fig. 199, XI; 202, IV), sort tout en avant du pied, au côté droit, près du mufle (fig. 197, III) [1].

[1] La conformation (toute pareille à celle des Limnæidæ) attribuée par Moquin-Tandon

B. **Chilina** [1].

Ce genre, dont je ne connais aucune description anatomique, ressemble, par beaucoup de points d'organisation, aux Limnéens d'Europe, notamment par les organes génitaux, le rein, le tube digestif. C'est-à-dire que le conduit hermaphrodite se bifurque assez tôt en conduits mâle et femelle (fig. 211, x, xi); il est à noter toutefois que sur le trajet du premier (spermiducte), il n'y a pas ce renflement prostatique sensible, qu'on trouve chez *Limnæa*. D'autre part, pour ce qui concerne le tube digestif, ce genre est réputé (sur la foi de Dall) dépourvu de mandibule. Or, il y a, à la partie dorsale antérieure du bulbe buccal, une mandibule impaire (fig. 212, i), de la même structure que chez les autres Pulmonés, pourvue de stries longitudinales, et continuée en arrière par deux prolongements latéraux moins épais, qui se rejoignent ventralement et forment un revêtement cuticulaire continu sur la partie antérieure du tube digestif.

Un caractère propre à *Chilina* se trouve dans son ouverture palléale : celle-ci est plus large que dans aucun autre Pulmoné (fig. 209, i); au bord ventral de cette ouverture est un lobe palléal inférieur, de la forme de celui d'*Actæon* (vii), mais traversé par l'ouverture anale, comme dans les autres Limnéens.

Système nerveux (fig. 210). — Il diffère très sensiblement de celui des Limnæidæ, et présente un aspect nettement archaïque, caractérisé par la longueur et la forme de la commissure viscérale et par le fait que le collier œsophagien se trouve en avant du bulbe buccal.

Les ganglions cérébraux sont fort écartés l'un de l'autre. La commissure viscérale commence à gauche par le ganglion infra-intestinal (xi), accolé au pleural gauche, comme chez *Auricula*, et donnant un nerf palléal antérieur; ensuite la commissure passe sous le tube digestif, où elle est assez forte et s'enfonce dans le plancher musculaire du pied : elle y présente un ganglion abdominal allongé longitudinalement, qui donne naissance, en arrière, à un

aux organes génitaux de *Auricula* (*Histoire naturelle des Mollusques terrestres et fluviatiles de France*, pl. XXX, fig. 1) est donc absolument inexacte, quant aux conduits.

[1] Le matériel étudié se composait de quelques exemplaires d'une petite espèce (*C. Mülleri*, Jhering), de l'Amérique du Sud.

gros nerf viscéral et est continué par la branche droite (plus mince) de la commissure viscérale; celle-ci porte, sur le côté du tube digestif, et plus dorsalement que toute autre partie de la commissure viscérale, le ganglion supra-intestinal (IV) (dont la position correspond ainsi à celle qu'il a chez *Bulla*, fig. 20, VI) : de ce centre naît le nerf osphradial (V) et un petit nerf palléal. Enfin, entre le ganglion supra-intestinal et le pleural droit, la commissure viscérale est formée par les prolongements ganglionnaires de ces deux centres.

Les ganglions pédieux sont accolés. Les centres stomato-gastriques (III) sont écartés l'un de l'autre et situés de chaque côté de l'origine de l'œsophage; vers le milieu du connectif qui relie chacun d'eux au cérébral correspondant, naît un nerf postérieur.

Le nerf osphradial se bifurque avant d'arriver à l'osphradium, qui est allongé et non circulaire (fig. 210, V) : la branche la plus forte présente seule un ganglion.

C. **Amphibola** [1].

Dans ce genre, le pneumostome (fig. 213, VI) est moins en arrière que chez *Auricula* et *Chilina*. La conformation extérieure est, pour le reste, analogue à celle des Limnéens, et il y a sous le pneumostome un lobe palléal inférieur traversé par l'ouverture anale (fig. 213, IX). Mais, outre l'anus, il n'y a qu'un seul orifice au côté droit du corps : c'est le vestibule commun aux deux conduits génitaux, sous le bord du tentacule droit. D'autre part, un caractère que *Amphibola* est seul à présenter chez les Pulmonés, est la présence d'un grand opercule corné porté sur la partie postérieure du pied.

a) *Système nerveux* (fig. 214). — Le collier œsophagien est tout en avant du bulbe buccal. Les centres cérébraux sont écartés l'un de l'autre, alors que les pédieux sont au contraire assez voisins; le pénis est innervé par le ganglion cérébral droit. Les connectifs cérébro-pédieux et pleuro-pédieux sont courts.

La commissure viscérale est assez longue (moins que chez *Chilina* toute-

[1] Espèce étudiée : *A. nux avellana* Chemnitz; provenance : Nouvelle-Zélande.

fois) et porte trois ganglions séparés[1] : le gauche (VII), très voisin du pleural, donne un nerf palléal antérieur; le médian (abdominal, IV) donne deux nerfs viscéraux principaux, du côté droit, et en outre un troisième, à gauche, qui semble sortir de la commissure; enfin le ganglion droit (supra-intestinal, III) innerve par deux troncs le manteau et l'osphradium.

Les yeux sont un peu enfoncés dans les téguments; les otocystes se trouvent sur les centres pédieux, un peu en avant. Quant à l'osphradium, il est, comme dans *Chilina* et les Limnæidæ, auprès du pneumostome, au plafond de la chambre palléale (fig. 213, II), en avant de l'orifice rénal.

b) *Systèmes digestif, circulatoire et excréteur.* — Le bulbe buccal (fig. 216, II) est prolongé ventralement, en arrière, par un fort cæcum radulaire; les glandes salivaires sont longues, de diamètre assez uniforme et peu lobulées. L'œsophage présente en son milieu deux renflements successifs : le premier, petit et à parois épaisses, le second, plus grand et à parois minces, pourvu d'un petit cæcum latéral (V). Une valvule cardiaque existe à l'entrée de l'estomac; celui-ci est assez vaste, joint à l'œsophage par le côté; il porte un gésier latéral, à cavité très réduite, entre deux forts hémisphères musculaires; en face du gésier, se trouve un assez grand orifice hépatique. L'intestin, né de la partie postérieure de l'estomac, est assez enroulé et s'ouvre au dehors sur le lobe palléal inférieur, en dessous du pneumostome.

Le cœur est « prosobranche »; je n'ai vu aucune trace de prolifération branchiale au plafond de la cavité palléale[2].

Le rein est situé au plafond de la cavité palléale, dans la même position que chez *Auricula* et avec la même conformation, mais son ouverture extérieure est plus voisine du pneumostome (fig. 213, X), comme dans les Limnæidæ, et portée sur un tubercule saillant (fig. 217, I). Intérieurement, sa cavité est divisée par des replis et des cloisons portant des saillies épithéliales (fig. 217, III).

[1] Et non cinq, comme l'indique Hutton (*On the structure of Amphibola avellana*, ANN. MAG. NAT. HIST., sér. 5, vol. III, pl. XXII, fig. 9).

[2] On sait que *Amphibola* vit dans l'eau saumâtre et que sa cavité palléale est remplie d'eau. — La prétendue branchie supposée par von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 220) et par Korschelt et Heider (*Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Thiere*, p. 1053), d'après Quoy et Gaimard, est le rein.

c) *Système reproducteur* (fig. 219). — D'après Lehman [1], les deux sexes seraient réunis sur le même individu, mais les glandes mâle et femelle, séparées. Or, il y a non seulement une seule glande génitale hermaphrodite, mais encore, chaque acinus de celle-ci produit des ovules et des spermatozoïdes (fig. 215) : il y a à noter, toutefois, que les ovules naissent plutôt d'un côté des acini, et qu'à ce côté femelle s'ébauchent de petites saillies, rudiments d'acini secondaires; cette glande (fig. 219, IV) se trouve enchâssée à l'intérieur du foie, dans les derniers tours du tortillon (fig. 213).

Le conduit hermaphrodite (fig. 219, V), pelotonné, occupe la face columellaire des tours de spire de la masse viscérale, et arrive à la masse génitale annexe (III), formée des glandes albuminipare et muqueuse. Il se continue alors, toujours sans se subdiviser, passant au-dessus du muscle columellaire, sous le rectum, et arrive dans la masse musculaire dorsale de la tête, au côté droit. C'est là seulement qu'il se divise en deux branches :

α) L'oviducte proprement dit, conduit femelle *très court,* débouchant sous le tentacule droit (fig. 219, II), et qui ne présente pas de poche copulatrice ;

β) Le spermiducte, assez court (fig. 219, VI), arrive au pénis musculeux ; celui-ci reçoit un long cæcum « prostatique » pelotonné, situé dorsalement (fig. 219, VII). Dans l'intérieur du pénis, le conduit prostatique très large (fig. 220, II) et le spermiducte étroit (I) restent distincts jusqu'à l'extrémité : le dernier débouche le plus distalement par une terminaison spatuliforme (fig. 218, I). Le pénis s'ouvre à côté de l'oviducte, dans l'orifice génital placé sous le tentacule droit.

Hutton [2] et Bouvier [3] n'ont pas réussi à voir les différentes parties de l'appareil génital de *A. nux avellana.* Toutefois Bouvier donne de cet appareil chez *A. fragilis* une description peu différente de celle ci-dessus; il n'y a donc pas, dans les organes reproducteurs des deux espèces, les différences qu'il suppose [4].

Le caractère essentiel de cet appareil est la brièveté de l'oviducte (conduit

[1] LEHMAN, *Anatomie von Amphibola nux avellana,* Gmelin (MALAKOZOOL. BLÄTT., Bd. XIII, 1866, p. 113).

[2] HUTTON, *On the structure of Amphibola avellana,* loc. cit.

[3] BOUVIER, *Sur l'organisation des Amphiboles* (BULL. SOC. PHILOM. PARIS, sér. 8, t. IV, p. 150).

[4] IDEM, p. 150.

femelle proprement dit), c'est-à-dire la division très tardive du conduit hermaphrodite : caractère archaïque évidemment, mais moins toutefois que dans *Auricula* susmentionné, où le conduit mâle ne commence qu'à l'orifice morphologiquement hermaphrodite (fonctionnant physiologiquement comme femelle), de sorte que le conduit femelle proprement dit y est par conséquent nul.

D. **Siphonaria** [1].

Avant que j'aie pu publier mes observations sur l'organisation de *Siphonaria*, deux travaux ont paru [2], qui me permettent d'être très bref à propos de ce genre. Cependant, comme tous deux font de ce Gastropode un Opisthobranche Tectibranche, ainsi qu'autrefois von Jhering [3], je suis obligé de combattre cette manière de voir.

En effet, *Siphonaria* est un Pulmoné :

a) Par le rétrécissement de son ouverture palléale [4], plus étroite encore que chez *Chilina* et située comme dans *Amphibola* (fig. 213, VI);

b) Par la position de son anus *hors* de la cavité palléale, sur le lobe palléal inférieur [5], comme chez *Chilina*, *Amphibola* et les Limnæidæ;

c) Par son cœur « prosobranche » (c'est-à-dire à oreillette antérieure) et à vaisseaux afférents (veines branchiales ou pulmonaires) *multiples* [6] (disposition qui n'existe que dans les Pulmonés);

d) Par sa branchie, qui n'est comparable au ctenidium des Gastropodes ni par sa structure ni par ses rapports : en effet, son extrémité distale est

[1] Espèce étudiée : *S. algesiræ*, Quoy et Gaimard; provenance : Atlantique.

[2] Köhler, *Beiträge zur Anatomie von Siphonaria* (XXIX. Bericht d. Oberhess. Gesellsch. f. Natur- und Heilkunde). Haller, *Die Anatomie von Siphonaria gigas* (Arb. zool. Inst. Wien, Bd. X). — Pendant l'impression du présent travail, le mémoire définitif de Köhler a paru [*Beiträge zur Anatomie der Gattung Siphonaria* (Zool. Jahrb. Abth. f. Anat. u. Ontog., Bd VII)]. Il a été publié aussi une note de Plate [*Mittheilungen über zoologische Studien an der Chilenischen Küste* (Sitzungsber. Akad. Wiss. Berlin, Heft IX, 1893, p. 58)], dans laquelle *Gadinia*, voisin de *Siphonaria*, est également rapporté aux Opisthobranches.

[3] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 204.

[4] Haller, *loc. cit.*, pl. II, fig. 11. — Pelseneer, *Introduction à l'étude des Mollusques*, Bruxelles, 1894, p. 122, fig. 83.

[5] Pelseneer, *ibidem*.

[6] Idem, *ibidem*.

la plus profonde et la plus éloignée de l'ouverture palléale, tandis que sa base ou extrémité reliée à l'oreillette est voisine de cette ouverture [1];

e) Par le rein [2], qui a la structure et les rapports de celui de *Amphibola* et, comme celui-ci, une ouverture extérieure sur une papille saillante [3] auprès du pneumostome, ce rein traversant d'ailleurs la cavité palléale dans toute son étendue, comme chez beaucoup de Pulmonés [4];

f) Par les organes génitaux [5], analogues à ceux de *Amphibola* et de *Gadinia* [6], et dont les deux orifices mâle et femelle débouchent, comme chez ces genres, dans un atrium commun, voisin de l'œil droit;

g) Par le système nerveux, absolument pareil à celui de *Gadinia* [7] et ressemblant aussi à celui de *Amphibola* (sauf qu'il y a fusion des centres pleuraux avec les « intestinaux »);

h) Par l'existence d'une cavité palléale pourvue d'un osphradium circulaire, qui se trouve, comme dans *Gadinia* [8], *Amphibola, Chilina* et les Limnæidæ, auprès du pneumostome, entre lui et l'orifice rénal;

i) Par les conditions d'existence : il vit indifféremment dans l'eau et dans l'air, mais plutôt dans l'air [9].

[1] Pelseneer, *Introduction à l'étude des Mollusques*. Bruxelles, 1894, p. 122, fig. 83. — Je ferai connaître prochainement un second Pulmoné pourvu d'une branche secondaire encore plus nettement différente du ctenidium des Gastropodes.

[2] Haller (*loc. cit.*, p. 80, etc.) décrit *deux* reins. Mais, de même que Hutton (*Notes on the structure and development of Siphonaria Australis* (Ann. Mag. Nat. Hist., sér. 5, vol. IX, p. 342) et Köhler (*loc. cit.*, p. 5), je n'ai vu qu'un seul rein, d'apparence double, en ce sens que sa partie la plus profonde s'étend *sur le plancher* de la cavité palléale (c'est le rein gauche de Haller, auquel il n'a d'ailleurs pas trouvé d'orifice péricardique : *loc. cit.*, p. 81) et dont l' « orifice extérieur » n'existe pas dans *S. algesiræ*.

[3] Haller, *loc. cit.*, pl. III, fig. 33.

[4] Pelseneer, *Introduction à l'étude des Mollusques*, fig. 83.

[5] Nobre, en 1889 [*Contribuçoes para a anatomia das Siphonarias* (Rev. de sc. natur. e soc. Porto, vol. I, p. 127)], décrit *Siphonaria* comme dioïque, contrairement à Studer (*Mitth. naturforsch. Gesellsch. Bern für 1880*) et Hutton (*loc. cit.*, p. 342), qui avaient indiqué précédemment que ce genre est monoïque, à glande génitale hermaphrodite. — Cet hermaphroditisme est mis absolument hors de doute par les observations de Köhler (*loc. cit.*, p. 6) et de Haller (*loc. cit.*, p. 83), que je puis confirmer.

[6] de Lacaze-Duthiers, *Le système nerveux et les formes embryonnaires du Gadinia Garnoti* (Comptes rendus, t. C, p. 149).

[7] Idem, pp. 147, 148. [8] Idem, p. 149. [9] Hutton, *loc. cit.*, pp. 342-343

SECONDE PARTIE [1]

1. RELATIONS MUTUELLES DES OPISTHOBRANCHES.

1° Rapports des Tectibranches entre eux.

A. *Caractères de spécialisation.*

Je considère comme tels :

a) Ceux qui s'écartent des caractères larvaires communs au groupe entier des Tectibranches (on sait que les larves, — exemples : chez *Philine, Cymbulia, Aplysia, Pleurobranchus,* etc., — ont un tortillon viscéral, une coquille externe spiralée, un opercule et l'ouverture palléale et l'anus en avant);

b) Ceux qui sont reconnus caractères de spécialisation dans d'autres groupes de Gastropodes, ou, d'une façon générale, dans d'autres subdivisions du règne animal.

a) Parmi les premiers, je noterai :

α) Le déplacement, en arrière, de l'ouverture palléale, de l'anus et du complexe circumanal : l'opisthobranchialité;

β) La disparition du tortillon viscéral et de l'opercule; la réduction du manteau et de la coquille; la mise à découvert de l'orifice génital et de la branchie ;

[1] Il arrive que dans les discussions, au lieu de rencontrer les arguments de l'opinion adverse, on se borne à déclarer celle-ci inacceptable et à reproduire ses propres arguments d'une façon plus ou moins neuve, même s'ils ont été plus ou moins détruits par un contradicteur. Il en résulte que de longues pages sont remplies sans faire avancer la question, et ce au grand dommage des lecteurs. C'est pourquoi je me suis efforcé de réduire au minimum possible le nombre des points sur lesquels j'appuie mon argumentation, et de les présenter sous la forme la plus concise, en énumération méthodique, afin qu'ils ne puissent éventuellement être éludés. Le lecteur voudra bien excuser la forme littéraire peu attrayante qui en résulte, car elle a pour cause le désir de rendre moins longues les discussions possibles sur les points traités ici.

b) Parmi les seconds, j'indiquerai :

γ) Le retour à la symétrie extérieure;

δ) La disparition de la gouttière spermatique, transformée en conduit déférent[1];

ε) La réduction du nombre des dents d'une rangée transversale de la radule;

ζ) La concentration du système nerveux central, et notamment le raccourcissement de la commissure viscérale;

η) Le déplacement du collier œsophagien cérébro-pédieux vers la partie postérieure du bulbe buccal (on sait que dans les Amphineures, les Aspidobranches, — parmi les Gastropodes, — et les Protobranchiés, — parmi les Lamellibranches, — le collier œsophagien se trouve en avant du bulbe buccal).

Afin d'établir quels sont les Tectibranches qui présentent le moins de caractères de spécialisation, je dresse le tableau suivant, dont chaque colonne verticale se rapporte à l'un des caractères énumérés ci-dessus sous la lettre correspondante, et chaque colonne horizontale, à l'un des principaux types d'organisation du groupe. Un trait long, en regard de ces derniers, dans une des colonnes verticales, y indique la présence du caractère de spécialisation de cette colonne; un demi-trait, sa présence chez certaines formes de ce type seulement; pas de trait, l'absence du caractère.

	α	β	γ	δ	ε	ζ	η
Pleurobranchidæ .	——	——	——	——		——	——
Umbrellidæ. . .	——	——	——	——		——	——
Gymnosomes . .		——	——			——	——
Aplysiidæ . . .	——	——	——			—	——
Lobiger	——			——	——	——	——
Pelta	——	——	——			——	——
Thécosomes . .			—		——	——	——
Philidinæ . . .	——	——	——				
Bullidæ	——				—		—
Actæonidæ . . .				——			

[1] von Jhering, tout en disant (*Bull. scientif.*, t. XXIII, p. 219) : « Tectibranches inférieurs sans gouttière ciliée », reconnaît (p. 206) que « le vas deferens se développe aux dépens de la gouttière ciliée ».

Il ressort de ce tableau que *Actæon* (seul genre vivant des Actæonidæ) est celui des Tectibranches qui présente le moins de caractères de spécialisation.

Il est vrai cependant que tous ne sont pas absents, et qu'il y a déjà un vas deferens (spermiducte) clos (fig. 13, I). Mais il faut tenir compte de ce fait que, depuis une époque aussi reculée que la naissance du groupe Tectibranches, un type primitif n'a pu se conserver *absolument inaltéré :* on peut, en effet, toujours observer dans des formes archaïques persistantes, certains caractères de spécialisation isolés; cela frappe tous ceux qui étudient tout un ensemble d'animaux. J'en donnerai comme exemple, parmi les Mollusques, *Nautilus,* dont le péricarde s'ouvre directement au dehors; *Nucula,* où les ganglions cérébraux sont accolés l'un à l'autre. La présence d'un canal déférent clos, au lieu d'une gouttière séminale, ne détruit donc pas la nature archaïque de l'organisation d'*Actæon.*

Car, d'un autre côté, ce genre montre, *réunis,* les caractères primitifs suivants, qui manquent dans les autres Tectibranches ou n'y existent que l'un ou l'autre, isolément, dans quelques formes (certains Bullidæ et Philinidæ) :

α) Collier œsophagien en avant du bulbe buccal (fig. 7);

β) Commissure viscérale non détordue (fig. 3);

γ) Ventricule du cœur, en arrière de l'oreillette et de la branchie (fig. 6);

δ) Tortillon viscéral saillant; opercule;

ε) Orifice génital (femelle) caché dans la cavité palléale (fig. 9);

ζ) Anus moins postérieur que chez les autres Bulléens adultes;

η) Ganglions buccaux (stomato-gastriques) écartés (plus rapprochés ou accolés, — *Bulla hydatis, Acera,* — dans les autres Bulléens).

B. *Les différents groupes de Tectibranches et leurs relations mutuelles.*

Il est généralement admis qu'il existe, parmi les Tectibranches, trois grands groupes, désignés sous des noms divers, dont les plus significatifs sont : Bulléens (comprenant les « Ptéropodes » Thécosomes), Aplysiens (comprenant les « Ptéropodes » Gymnosomes) et Pleurobranchiens. Mais

il reste cependant des formes sur la position systématique desquelles l'accord n'existe pas :

α) *Pelta*. — Ce genre est ordinairement considéré comme un Pleurobranchien [1]; il est tenu pour un « Sacoglosse » par Bergh [2], et pour un Bulléen par moi [3];

β) *Lophocercidæ* (*Lobiger* et *Lophocercus*). — Ces formes ont été rangées parmi les Sacoglosses [4], ou parmi les Tectibranches [5], et spécialement dans les Aplysiens [6];

γ) *Umbrellidæ*. — Ils sont tenus habituellement pour des Pleurobranchiens; mais von Jhering les place hors de cette division [7].

Je vais examiner successivement les trois groupes, Bulléens, Aplysiens et Pleurobranchiens, au point de vue de leurs relations phylogénétiques sur lesquelles on ne s'est pas encore prononcé, et je montrerai en même temps que α) *Pelta*, β) *Lobiger* (et les Lophocercidæ) sont des Bulléens, et γ) les Umbrellidæ, des Pleurobranchiens.

a) Bulléens. — On a vu que l'un d'eux, *Actæon*, est le plus primitif des Tectibranches. Les Bulléens forment avec lui (voir le tableau ci-dessus) le moins spécialisé des trois groupes de Tectibranches, leurs caractères archaïques étant plusieurs de ceux qui existent chez *Actæon* (système nerveux, fig. 18, 20, etc.), plus celui de l'appareil génital à un orifice hermaphrodite et à gouttière spermatique (fig. 22, 36, 43).

Von Jhering tenait autrefois *Pelta* et *Umbrella* pour les Tectibranches

1 Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, I (Ann. du Mus. Marseille [Zoologie], t. I, p. 104).

2 Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 206.

3 Pelseneer, *Report on the Pteropoda* (Anatomy), *loc. cit.*, p. 97.

4 Par Pagenstecher (*Zoologische Miscellen* [Verhandl. Heidelberger naturhist. medic. Ver., n. Folge, Heft I, 1874, p. 72]), von Jhering, en 1877 et 1892, Bergh et Vayssière, en 1889.

5 Par Krohn (*Observations sur deux nouveaux genres de Gastéropodes* [Ann. d. sc. nat., 3e sér., t. VII]) et Souleyet (*Observations sur les genres* Lophocercus *et* Lobiger [Journ. de conchyl., 1re sér., t. I]).

6 Par Vayssière, en 1885, et von Jhering, en 1891.

7 von Jhering, *Bull. scientif.*, t. XXIII, pp. 220, 238.

primitifs [1]. Or, l'examen du tableau précité (p. 84) montre que, à presque tous les points de vue, ces deux sortes de formes sont très spécialisées.

α) *Pelta* constitue cependant un Bulléen (mais un Bulléen fort différencié). Il a, outre les plaques stomacales des animaux de ce groupe et les orifices hépatiques multiples, une radule analogue à celle de différents *Bulla*, des mandibules et des yeux (fig. 57) plus voisins de ceux des Bulléens que des Pleurobranchiens (fig. 94), et surtout un appareil génital conformé tout à fait comme celui des premiers (fig. 59). Quant à la forme de la tête, continue avec le manteau et sans bouclier céphalique, elle est très différente de celle des Pleurobranchiens, mais n'est pas exceptionnelle parmi les Bulléens, puisqu'elle s'observe chez *Acera* [2].

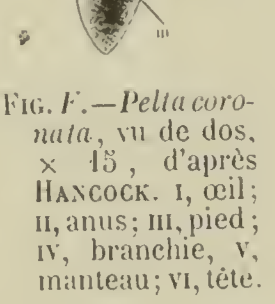
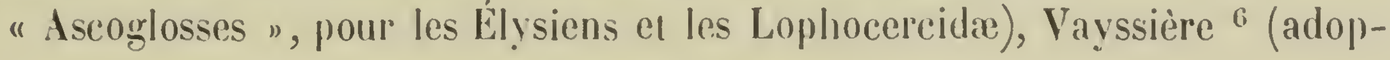


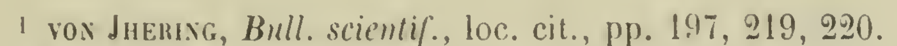
Fig. F. — *Pelta coronata*, vu de dos, × 15, d'après Hancock. I, œil; II, anus; III, pied; IV, branchie, V, manteau; VI, tête.

Pelta est très spécialisé par l'absence de coquille et de cavité coquillière. Ses affinités sont certainement pour *Doridium* (fig. 43), dont il a la situation de la branchie, de l'anus et de l'orifice hermaphrodite (fig. 59, et *F* dans le texte).

β) Lophocercidæ (*Lobiger*). Pagenstecher, le premier [3], repoussa l'idée d'affinités avec les Tectibranches, mise en avant par Krohn (1847) et Souleyet (1850), et suggéra celle de relations avec les Élysiens.

A cette manière de voir se sont ralliés von Jhering [4], Bergh [5] (formant tous deux un groupe « Sacoglosses » ou « Ascoglosses », pour les Élysiens et les Lophocercidæ), Vayssière [6] (adop-





[1] von Jhering, *Bull. scientif.*, loc. cit., pp. 197, 219, 220.

[2] Meyer et Möbius, *Fauna der Kieler Bucht*, fig. 2, 11, 13, etc. — Sars, *Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ*, pl. 26, fig. 1 *e*.

[3] Pagenstecher, *Zoologische Miscellen*, loc. cit., p. 74 : « keine nahe Verwandtschaft mit Aplysien »; p. 72 : « ganz nahe zu *Elysia* ».

[4] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 37.

[5] Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden* (Verhandl. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd XXVII, p. 808).

[6] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, I (Ann. du Mus. Marseille [Zoologie], t. III, pp. 16, 19, 21).

tant l'idée de von Jhering, après avoir accepté, en 1885 [1], celle de Krohn et Souleyet, tandis que, de son côté, von Jhering se ralliait [2] à la première opinion de Vayssière, mais revenait à la sienne propre, en 1892 [3]). Enfin, Mazzarelli se rapproche beaucoup des idées systématiques et phylogénétiques de Bergh, en tenant *Lobiger* pour plus voisin des Sacoglosses que des Tectibranches [4], les papilles dorsales des premiers (fig. 154, 156) étant, pour lui, homologues aux nageoires de *Lobiger* (fig. 62, IV).

Pour établir ces relations entre les Lophocercidæ et les Élysiens, on s'est basé surtout sur les caractères du tube digestif, et particulièrement *de sa partie antérieure :* absence de mandibules ; radule à « asque » (petit sac antérieur où tombent les dents usées) et formée d'un seul rang longitudinal de dents articulées; cæcum œsophagien (de structure différente cependant : celui des Élysiens (fig. 160, III) étant formé d'un épithélium élevé, très semblable à celui du foie; celui de *Lobiger* (fig. 66, IV) étant, comme la poche œsophagienne de *Bulla* (fig. 26), formé d'un épithélium plissé, à petites cellules, entouré d'une enveloppe musculaire). Car, pour ce qui concerne le reste du tube digestif, les similitudes n'existent plus, et les caractères du foie sont entièrement différents.

Mais dans tout le reste de l'organisation, il existe des divergences fort marquantes entre ces deux groupes :

Lobiger.	Élysiens.
1. Pas de ganglion tentaculaire;	1. Un ganglion tentaculaire [5] (fig. *B*, p. 51);
2. Une commissure parapédieuse (fig. 65);	2. Pas de commissure parapédieuse (visible);

[1] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, I (Ann. du Mus. Marseille [Zoologie], t. I, p. 100.

[2] von Jhering, *Giebt es Orthoneuren?* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd XLV, p. 523, et Bull. scientif., t. XXIII, p. 210.)

[3] von Jhering, *Morphologie und Systematik des Genitalapparates von Helix* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd LIV, p. 513). — *Zur Kenntniss der Sacoglossen* (Nova Acta, Bd LVIII).

[4] Mazzarelli, *Ricerche sulla morfologia delle Oxynoeidæ,* loc. cit., pp. 28, 29.

[5] Vayssière, Ann. Mus. Mars., t. III, pl. VI, fig. 102. — Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, VIII (Verhandl. k. k. zool.-bot. Gesellsch. Wien, Bd XXXV, pl. I, fig. 6). — Trinchese, *Un nuovo genere della famiglia degli Eolididei* [Ann. Mus. civ. stor. nat. Genova, t. II, pl. XIII, fig. 5 (*Ercolania*)].

Lobiger.	Élysiens.
3. Nerfs palléaux naissant de la commissure viscérale;	3. Nerfs palléaux naissant des ganglions cérébro-pleuraux ;
4. Un osphradium (fig. 63);	4. Pas d'osphradium ;
5. Pas de ganglions gastro-œsophagiens ;	5. Des ganglions gastro-œsophagiens (fig. 167);
6. Des appendices natatoires pédieux ;	6. Des appendices palléaux [1] ;
7. Foie à très nombreux conduits, entièrement contenu dans la masse viscérale;	7. Foie à deux conduits hépatiques, et répandu dans les appendices palléaux ;
8. Aorte passant sous la commissure viscérale (fig. 65);	8. Aorte passant au-dessus de la commissure viscérale (fig. 168);
9. Rein en arrière du cœur, contenu dans le manteau et divisé par des cloisons parallèles (fig. 64) ;	9. Rein sous le cœur, sans cloisons parallèles (fig. 177);
10. Glande hermaphrodite à acini mâles et femelles distincts (fig. 64).	10. Glande génitale à acini tous hermaphrodites.

En outre, *Lobiger* a un seul orifice réno-péricardique : *Elysia* en a un grand nombre; *Lobiger* et *Lophocercus* ont deux poches copulatrices : *Elysia* et *Limapontia* n'en ont qu'une seule (fig. 180, 187).

D'autre part, le caractère « bulléen » de *Lobiger* et *Lophocercus* ressort nettement des faits suivants :

1° Existence d'une branchie (cténidie) [2] et d'un osphradium ;

2° Existence d'une cavité palléale; situation, au plafond de celle-ci, du rein, du cœur et de la branchie (opisthobranchiale);

3° Existence d'une coquille; celle de *Lophocercus* est très semblable à celle de divers Bullidæ typiques : *Acera*, etc.; et, d'autre part, des coquilles sans spire et presque sans enroulement (comme celle de *Lobiger*) se trouvent aussi dans certains Philinidæ (*Phanerophthalmus*, etc.);

4° Existence de parapodies, saillies latérales du pied.

[1] Pour Mazzarelli (*loc. cit.*, p. 27), les appendices natatoires de *Lobiger* correspondent aux papilles de *Phyllobranchus* (Elysien); or, l'innervation en est totalement différente, les appendices des Elysiens (comme ceux d'*Eolis*, voir plus haut) étant innervés par des nerfs palléaux.

[2] Un peigne (ou moitié) de la branchie a disparu, il est vrai ; mais on voit dans les Bulléens des exemples de réduction d'un des deux peignes (*Gastropteron*, fig. 36, III).

En résumé, les seuls caractères par lesquels on pourrait vouloir écarter ces formes (Lophocercidæ) des Tectibranches sont :

La conformation de la radule;

La fermeture du conduit efférent;

Le raccourcissement de la commissure viscérale.

Or, le premier caractère n'est pas particulier aux Gastropodes du groupe « Sacoglosses » ou Élysiens, puisque *Omalogyra* (généralement classé dans les Streptoneures) possède, en effet, la même radule unisériée, à dents articulées entre elles et de même forme que chez les Élysiens (fig. 221); la radule semblable des Lophocercidæ, Élysiens et *Omalogyra* est vraisemblablement le résultat d'une convergence par identité de régime.

En second lieu, la fermeture du conduit efférent a été constatée dans un Bulléen typique : *Actæon* (fig. 13).

Enfin, la commissure viscérale raccourcie existe aussi dans les Thécosomes (Bulléens spécialisés), de même que, dans les Aplysiens, on voit des formes à commissure viscérale longue (*Aplysia*) et à commissure raccourcie (*Notarchus, Aplysiella*, fig. 81 ; Gymnosomes) [1].

Ces trois caractères sont donc des caractères de spécialisation, qui n'empêchent pas que, pour l'ensemble de leur conformation, les Lophocercidæ doivent être rangés dans les Bulléens. On ne connaît d'ailleurs pas le système nerveux, l'appareil reproducteur et la radule de tous les Bulléens proprement dits; et il est certains de ces derniers qui montrent, dans leur conformation extérieure, une ressemblance notable avec *Lophocercus* (exemple : *Phanerophthalmus* (*Bulla*) *luteus* Quoy et Gaimard [2]).

b) Aplysiens. — Les Aplysiens et les Bulléens ont des affinités plus visibles entre eux que pour les Pleurobranchiens [3]. Ces affinités sont claire-

1 L'existence de Bulléens et d'Aplysiens à commissure viscérale courte et à ganglions viscéraux sous l'œsophage montre que ces deux groupes ne peuvent être caractérisés par un système nerveux « pleuroneure », comme le veut H. de Lacaze-Duthiers [*La classification des Gastéropodes basée sur les dispositions du système nerveux* (Comptes rendus Acad. Paris, t. CVI)].

2 Quoy et Gaimard, *Zoologie du voyage de l'*Astrolabe, Mollusques, pl. XXVI, fig. 40-44.

3 Ainsi que je l'ai déjà indiqué (Pelseneer, *Report on the Pteropoda*, Anatomy, loc. cit., p. 97).

ment montrées par l'étude de formes telles que *Acera* (et vraisemblablement aussi *Cryptophthalmus*, que je n'ai pu étudier). On trouve, en effet, dans l'organisation de *Acera*, un système nerveux presque pareil (fig. 29) à celui de *Aplysia* : les ganglions pédieux et pleuraux sont accolés; ces derniers donnent des nerfs; les ganglions pédieux ont une commissure parapédieuse passant sous l'aorte; — d'autre part, la conformation de la tête est analogue, par l'absence de bouclier céphalique [1]; les yeux (profonds dans presque tous les Bulléens) sont superficiels dans *Acera* et *Aplysia*; les plaques cornées du gésier (au nombre de trois dans les autres Bulléens) sont nombreuses dans *Acera* et dans *Aplysia*; enfin, ces deux derniers genres ont encore en commun un grand développement des parapodies et une réduction sensible de la coquille.

On peut conclure par conséquent que la souche des Aplysiens se trouve dans des Bulléens très voisins de *Acera* [2].

c) Pleurobranchiens. — Pour von Jhering, les Pleurobranchidæ et les Umbrellidæ sont sans affinités entre eux; les seconds sont admis par lui dans les Tectibranches, les premiers en sont exclus [3].

Or, les relations des Umbrellidæ avec les Pleurobranchidæ sont bien montrées par l'un des premiers [4], le genre *Tylodina*, dont l'organisation, comme on l'a vu plus haut, est au moins aussi semblable à celle des Pleurobranchidæ qu'à celle des *Umbrella*, puisqu'il y existe notamment, comme dans les premiers, les caractères suivants qui manquent aux Umbrelles :

Une tête aplatie avec deux paires de tentacules, dont l'antérieure forme un voile;

Les orifices génitaux mâle et femelle contigus;

[1] Meyer et Möbius, *Fauna der Kieler Bucht, Opisthobranchia*, fig. 2, 11, 13, etc. — Sars, *Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ*, pl. XXVI, fig. 1 *e*.

[2] Pendant l'achèvement du présent travail, Mazzarelli est arrivé, en se basant sur d'autres faits, à des résultats analogues sur les affinités de *Acera* avec les Aplysiens (*Monografia delle Aplysiidæ del Golfo di Napoli* [Mem. Soc. ital. d. Scienze, 3e sér., t. IX, 1893, p. 205]).

[3] von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., pp. 220, 238.

[4] Au moins considéré comme tel par les divers auteurs.

Une glande sanguine;

Une branchie non étendue en avant, au-dessus de la nuque;

Des ganglions buccaux avec des ganglions gastro-œsophagiens (comme dans *Pleurobranchœa,* fig. 90).

Tylodina représente les formes dont les Umbrelles et les Pleurobranchidæ dérivent : il est en effet plus archaïque qu'eux, puisqu'il possède encore trois ganglions sur la commissure viscérale et un osphradium différencié [1].

Quant aux affinités des Pleurobranchiens avec les autres Tectibranches, elles sont assurément pour les Bulléens. Il n'y a plus certainement, parmi les formes actuelles de ce dernier groupe, des types tout à fait voisins de *Tylodina;* mais ce dernier présente encore néanmoins des caractères qui le rattachent aux Bulléens parmi les Tectibranches :

Commissure viscérale à trois ganglions (infra-intestinal, abdominal et supra-intestinal);

Osphradium; pas de ganglion olfactif tentaculaire;

Des yeux superficiels;

Estomac musculaire à papilles chitineuses;

Glande sanguine.

2° Rapports des Nudibranches entre eux.

A. *Nudibranches les moins spécialisés.*

On a déjà vu, dans les Tritoniens, des formes intermédiaires entre les Éolidiens et les Doridiens (Blanchard [2], Hancock [3], Vayssière [4]).

[1] Contrairement à ce que rapporte Mazzarelli (*Monografia delle Aplysiidæ,* loc. cit., p. 191).

[2] Blanchard, *Recherches sur l'organisation des Mollusques Gastéropodes de l'ordre des Opisthobranches* (Ann. d. sc. nat., 3e sér., t. IX, 1848, p. 185).

[3] Hancock et Embleton, *On the Anatomy of Eolis* (Ann. Mag. Nat. Hist., 2e sér., vol. III, 1849, p. 200, note). — Alder et Hancock, *A monograph of the British Nudibranchiate Mollusca,* 3e fam., pl. II, p. 1.

[4] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille,* II, loc. cit., pp. 18, 19.

Mais, d'autre part, Bergh, bien qu'il ait dit, en 1890 [1], que « les Tritoniens sont les « Cladohépatiques » (= Éolidiens) les plus voisins des « Holohépatiques » (= Doridiens) », n'admet plus ces rapports, puisque, en 1892 [2], il considère tous les Cladohépatiques (y compris les Tritoniens) comme issus d'une *autre* souche que les Holohépatiques. Et, de même, von Jhering [3] ne voit d'affinités aux Tritoniens, qu'avec les Éolidiens seulement.

Or, les affinités des Tritoniens sont *au moins* aussi grandes pour les Doridiens que pour les Éolidiens. Parmi les premiers, les Polyceratidæ sont en effet très voisins des Tritoniens, comme Philippi [4], Hancock [5] et Vayssière [6] l'avaient déjà supposé d'après l'aspect extérieur; ils le sont notamment par :

a) Un voile frontal découpé (correspondant morphologiquement aux deux tentacules antérieurs), dans *Euplocamus, Triopa, Polycera* (fig. 116) et même *Ancula;*

b) Des appendices dorsaux ramifiés (*Euplocamus*) [7];

c) Le système nerveux où les ganglions pleuraux sont encore bien distincts des cérébraux (exemples : *Plocamophorus* [8], *Euplocamus, Triopa*).

1 Bergh, *Die cladohepatischen Nudibranchien* (Zool. Jahrb., Abtheilung für Systematik, Bd V, pp. 6, 72.)

2 Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 997.

3 von Jhering, *Les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 221.

4 Philippi, *Zoologische Bemerkungen* (Arch. f. Naturgesch., 1845, p. 58).

5 Hancock (Alder et Hancock), *A Monograph of the british Nudibranchiate Mollusca*, fam. 1, gen. 3, p. 1.

6 Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, loc. cit., p. 18.

7 *Heptabranchus Burnetti* Adams, si la description en est exacte, possède aussi, entre un reste de voile frontal, une perpétuation de l'état où les appendices latéraux postérieurs persistent *seuls* et ne sont pas encore groupés autour de l'anus, en rosette branchiale, cette dernière n'étant en aucune façon comparable à la branchie cténidiale des Gastropodes, comme le croit Bouvier, *Quelques observations anatomiques sur les Mollusques Gastéropodes*, p. 8 (Comptes rendus Soc. biol. Paris, 17 déc. 1892).

8 Bergh, *Beiträge zu einer Monographie der Polyceraden*, III (Verhandl. Zool. Bot. Gesellsch. Wien, Bd XXXIII, pl. IX, fig. 7).

d) Des ganglions stomacaux, comme dans les Tritoniens;

e) Le nerf optique encore long (*Acanthodoris pilosa* et *bilamellata*), comme dans les Tritoniidæ et Dendronotidæ;

f) Un rudiment de foie droit (« pancréas ») (fig. 120);

g) Le long conduit réno-péricardique.

Mais si les Tritoniens ont ainsi de grandes ressemblances avec les Doridiens, et s'ils sont de cette manière intermédiaires entre eux et les Éolidiens, la souche des trois groupes n'est pas à une des extrémités de la chaîne. Ce sont les Tritoniens qui constituent la souche commune des deux autres ordres; et, comme on le verra plus loin, l'évolution s'est exercée, à partir des Tritoniens, dans deux directions parallèles, par tendance à :

α) Un accroissement de la symétrie extérieure;

β) Une réduction des pièces buccales;

γ) La bifurcation du conduit génital femelle (« triaulie »);

les Doridiens conduisant aux Phyllidiens, et les Éolidiens aux Élysiens ou Sacoglosses proprement dits.

Les caractères de spécialisation pour les Nudibranches sont essentiellement :

a) Retour à la symétrie extérieure (anus médian) et même à la symétrie de certains organes internes en rapport direct ou indirect avec l'extérieur : cœur, rein, foie;

b) Déplacement du système nerveux en arrière du bulbe buccal;

c) Concentration du système nerveux central;

d) Réduction du nombre des dents de la radule (jusqu'à une seule par rangée transversale); disparition des mandibules et des pièces cornées stomacales;

e) Décentralisation du foie;

f) Complication des organes génitaux par division secondaire du conduit femelle.

Or les Tritoniidæ sont, de tous les Nudibranches, ceux qui présentent

le moins de ces caractères de spécialisation, comme le montre le tableau suivant :

	a.	b.	c.	d.	e.	f.
Tritoniidæ						
Tethys			—	—		
Melibe		—	—			
Scyllæa		—	—			
Phyllirhoe		—	—	—		
Dendronotus . . .		—	—		—	
Polyceratidæ . . .	—	—	—			—
Dorididæ	—	—	—			—
Doridopsis	—	—	—	—		—
Phyllidia.	—	—	—	—		—
Eolis	—	—	—	—	—	
Pleurophyllidia. . .	—	—	—	—	—	
Dolo	—	—	—	—	—	
Janus.	—	—	—	—	—	
Fiona.	—	—	—	—	—	
Hermæa	—	—	—	—	—	
Cyerce	—	—	—	—	—	—
Stiliger	—	—	—	—	—	
Elysia.	—	—	—	—	—	—
Limapontia	—	—	—	—	—	—

Les Tritoniidæ et les divers autres Tritoniens sont, parmi les Nudibranches, ceux qui montrent le plus de caractères archaïques (d'archaïcité relative, *pour le groupe*) réunis :

a) Outre l'asymétrie extérieure (anus et orifice rénal latéraux, et assez postérieurs), ils ont seuls un cœur asymétrique, à ventricule à droite de la ligne médiane (fig. 104, 105);

b) Le système nerveux central est encore sur le bulbe buccal (Tritoniidæ seuls, fig. 101); il est peu concentré, en ce sens que : α, les connectifs cérébro-pédieux et pleuro-pédieux sont bien visibles et distincts; β, les nerfs optiques sont longs (ainsi que dans *Dendronotus*);

c) La radule est fort large;

d) Il y a encore un lobe droit du foie assez développé;

e) Le pied est large;

f) Le rein est un sac peu ou pas ramifié [1];

g) Les orifices génitaux ne sont pas secondairement séparés; le conduit génital est diaule.

B. *Relations des Tritoniens entre eux.*

Ce groupe est composé des formes à conduit génital diaule, — le conduit femelle n'étant pas bifurqué, — et à foie au moins en partie contenu dans la masse viscérale; il renferme donc comme types essentiels : *Tritonia* (et *Marionia*), *Tethys, Melibe, Phyllirhoe, Dendronotus, Bornella.*

Les Tritoniidæ (*Tritonia* et *Marionia*) ont été reconnus ci-dessus comme les plus archaïques des Nudibranches; ils constituent les Tritoniens souches. Les formes les plus immédiatement voisines sont *Tethys* et *Dendronotus,* de chacune desquelles naît une branche distincte.

La première, fermée (branche terminus, c'est-à-dire n'aboutissant pas à un autre groupe), est composée des genres successifs : *Melibe, Scyllæa, Phyllirhoe,* de plus en plus spécialisés *par la vie pélagique* [2]. Les affinités de *Melibe* et *Scyllæa* sont montrées par la conformation extérieure et les appendices dorsaux aplatis, le système nerveux, le tube digestif à plaques (dents) stomacales et à renflement plissé au commencement de l'intestin (fig. 112). — Celles de *Scyllæa* et *Phyllirhoe* se voient à l'aplatissement latéral du corps, la réduction du rein, la conformation des glandes génitales, formées de quelques grosses masses globuleuses disjointes [3].

1 Le seul Nudibranche autre que *Tritonia* qui présente cette disposition, est *Doridopsis* (HANCOCK, *On the structure and homologies of the renal organ of the Nudibranchiate Mollusca* [TRANS. LINN. SOC. LONDON, vol. XXIV, pl. LV, fig. 1]).

2 *Tethys* et *Melibe* étaient autrefois rangés par von Jhering, sous le nom de Protocochlides, hors des Nudibranches, d'après la conformation de leur système nerveux; mais nous avons vu (fig. 111) que ce système est constitué comme celui des autres Nudibranches, montrant seulement une concentration un peu plus grande. — Les *Tethys* et *Melibe* rentrent, par l'ensemble de leur organisation, dans le groupe Tritoniens, tel qu'il a été défini plus haut.

3 Il en résulte que *Phyllirhoe* ne peut être considéré comme un Éolidien, ni dérivé de *Glaucus*, comme le suggérait VON JHERING (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken,* p. 185). Il possède d'ailleurs un autre caractère de certains Tritoniens (*Dendronotus,* par exemple) : le « plexus » pleuro-pédieux (fig. 115).

La deuxième branche est caractérisée par la forme *Bornella*, qui possède des appendices dorsaux (à cæcums hépatiques) se transformant déjà en papilles fusiformes des Éolidiens.

C. *Relations des Doridiens entre eux.*

Ce groupe est composé de formes à conduit génital triaule, à foie tout entier dans la masse viscérale; il constitue un ensemble plus spécialisé que les Tritoniens, par la bifurcation du conduit femelle, la concentration du système nerveux (fusion des centres cérébral et pleural, fig. 118, 122), le groupement d'appendices dorsaux autour de l'anus (rosette branchiale), la symétrie extérieure plus grande, etc. Il renferme comme types essentiels : les Polyceratidæ (*Euplocamus, Triopa, Polycera, Ancula, Goniodoris*), les Dorididæ, *Doridopsis*, *Corambe* et les Phyllidiidæ.

Les Polyceratidæ, voisins des Tritoniidæ (voir plus haut 2° A, *a* à *g*), et Doridiens les plus archaïques, conduisent depuis *Euplocamus* aux Dorididæ par l'intermédiaire de formes telles que *Goniodoris* et *Acanthodoris*, c'est-à-dire par la disparition des appendices dorsaux non périanaux, par aplatissement dorsal du corps, par réduction du voile frontal [1].

Les Dorididæ, à leur tour, mènent par *Doridopsis* aux Corambidæ et Phyllidiidæ, par disparition des pièces buccales, puis par déplacement de l'anus en arrière et par disparition de la rosette branchiale [2].

D. *Relations des Éolidiens entre eux.*

Ce groupe est constitué par des formes à conduit génital diaule et à orifices mâle et femelle contigus, à foie *entièrement* contenu dans les appendices dorsaux. Il renferme comme types essentiels : les Eolididæ (si peu variés

[1] Bergh, *Beiträge zu einer Monographie der Polyceraden*, III, loc. cit., pp. 153, 154, expose la dérivation d'une façon tout à fait opposée : des Dorididæ à *Euplocamus*.

[2] Les Phyllidiidæ et *Corambe*, maintenus par bien des auteurs dans le groupe cuviérien artificiel des « Inférobranches », possèdent pour le reste tous les caractères particuliers de Doridiens, tels que glande sanguine et conduit génital triaule.

relativement à leur grand nombre), *Janus, Pleurophyllidia, Doto* et *Fiona.*

Les Eolididæ ne montrent guère, parmi les Éolidiens, qu'un seul caractère de spécialisation : développement de sacs à cnidocystes au sommet de leurs papilles dorsales [1]; ils sont les moins spécialisés du groupe et se rattachent aux Tritoniens par *Bornella.* On remarque chez les Tritoniens autres que *Tritonia* et *Marionia,* un raccourcissement du conduit réno-péricardique, comme dans les Éolidiens (fig. 137), et aussi, comme chez ces derniers, la diffusion du foie dans les appendices dorsaux (*Dendronotus, Bornella*), et enfin un raccourcissement des nerfs optiques.

Les quatre autres types sont plus spécialisés que les *Eolis* et proviennent de formes analogues à ces derniers :

1. *Janus,* par la perte de la paire antérieure de tentacules, par un retour à une symétrie extérieure plus grande (anus médian, l'orifice rénal restant latéral) [2].

2. *Pleurophyllidia,* par le déplacement des appendices (à cæcums hépatiques) sur les côtés latéraux, sous une crête palléale, et par les modifications de la tête adaptée à des habitudes fouisseuses [3].

3. *Doto,* par l'anus presque médian, par la perte des tentacules antérieurs, la réduction des mandibules, la concentration plus grande du système nerveux, le développement d'une glande prostatique [4].

4. *Fiona,* par la différenciation, sur les papilles dorsales, de crêtes respiratoires (fig. 145), par la division de la glande génitale en masses assez distinctes et par l'écartement des deux orifices mâle et femelle, par le développement de deux conduits hépatiques longitudinaux.

[1] On sait que dans d'autres Éolidiens, des cnidocystes se forment dans des cellules isolées de l'épithélium des papilles dorsales (*Doto*).

[2] Il ne peut être question de considérer cette forme comme intermédiaire entre *Doris* et *Eolis*, ainsi que le voulait Blanchard (*Ann. d. sc. nat.*, 3e série, t. XI, p. 88).

[3] On ne peut donc les conserver dans le groupe artificiel des Inférobranches, déjà cité à propos des Phyllidiidæ.

[4] Ce n'est donc pas une forme intermédiaire entre *Dendronotus* et *Eolis,* comme le supposait von Jhering (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken,* p. 177).

E. *Relations des Élysiens entre eux.*

Le groupe des Élysiens est composé des formes à foie répandu dans les appendices palléaux (papilles, lobes saillants ou réduits), à orifices génitaux mâle et oviducal écartés et à radule dite « sacoglosse » (dents articulées formant une seule rangée longitudinale).

Dans les Élysiens, la spécialisation des Elysiidæ et Limapontiidæ est nettement indiquée par la division générale du conduit femelle (fig. 180, 187) et le développement d'orifices réno-péricardiques multiples chez les premiers. Les formes les plus archaïques sont certainement ces *Hermæa* (*H. bifida*) où, à l'inverse des Elysiidæ (fig. 182), la prostate n'est pas répandue dans tout le corps, ni la glande albuminipare dans les appendices palléaux. De même la spécialisation de l'ascon radulaire, — de plus en plus séparé de la masse buccale, — va aussi des *Hermæa* à *Elysia* et *Limapontia*. Ce dernier, par son anus postérieur, ses deux orifices femelles plus éloignés, représente le stade extrême d'évolution des Élysiens.

F. *Relations des Élysiens avec les Éolidiens.*

Les affinités des Éolidiens et des Élysiens ou Sacoglosses sont admises par divers auteurs récents, notamment Bergh, Vayssière [1].

Mais Mazzarelli a cru montrer l'impossibilité de ces relations par l'étude d'une seule forme, celle précisément qui est repoussée des Sacoglosses par divers zoologistes : *Lobiger*.

Or, on a vu plus haut les différences qui écartent les Élysiens des Lophocercidæ (Tectibranches). Je rappelle maintenant que ces mêmes Élysiens sont des Nudibranches et se rapprochent des Éolidiens [2] par la plupart des caractères qui les éloignent des Lophocercidæ :

a) Présence de ganglions tentaculaires et gastro-œsophagiens ;

[1] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, loc. cit., p. 19.

[2] von Jhering (*Zur Kenntniss der Sacoglossen* [Nova Acta], Bd LVIII, pp. 398, 400) rapproche donc à tort les Sacoglosses des Doridiens.

b) Nerfs palléaux naissant des centres cérébro-pleuraux ;

c) Absence d'osphradium;

d) Appendices palléaux (fig. 154, 156);

e) Rein situé sous le cœur (fig. 163);

f) Foie répandu dans les appendices palléaux (fig. 162, 165).

Ce dernier caractère surtout est important, puisqu'il est absolument spécial aux Éolidiens et aux Élysiens, parmi les Mollusques, où il constitue une spécialisation, ainsi que le montre le développement ontogénique [1].

La différence essentielle que les Élysiens présentent avec les Éolidiens est la conformation de leur radule avec un « ascon » (sac où tombent les dents antérieures usées) : c'est une spécialisation. En effet, dans les Sacoglosses les plus spécialisés (Elysiidæ), l'ascon est le plus différencié, séparé de la masse buccale, à laquelle il est réuni alors par un pédoncule : *Limapontia, Actæonia* [2]; au contraire, il est peu développé dans les formes moins différenciées : *Calliopæa* [3], *Hermæa* [4], où la disposition est relativement peu différente de celle des Éolidiens : *Doto, Eolis,* etc.

D'autre part, si les Élysiens (ou la plupart d'entre eux) ont :

1° Un seul otolithe dans l'otocyste;

2° Un stylet pénial (fig. 187 et 188);

3° Une glande génitale formée d'acini absolument hermaphrodites (fig. 164, 182, 189);

4° Des papilles dorsales sans sacs à cnidocystes,

on doit remarquer que :

1° Divers Eolididæ n'ont aussi qu'un otolithe (*Capellinia, Æolidiella, Eolis aurantiaca, E. olivacea* [5], *Galvina picta, G. exigua, Fiona; — Doto* a un gros otolithe au milieu d'otoconies);

[1] Ce qui prouve aussi l'inexactitude de l'opinion qui considère l'état du foie des Doridiens « holohépatiques » comme non primitif (von Jhering, *Bulletin scientif. Fr. et Belg.*, t. XXIII, p. 204).

[2] Sars, *Mollusca regionis arcticæ Norvegiæ*, pl. XVI, fig. 15 *a*.

[3] Sars, *loc. cit.*, pl. XVI, fig. 12 *a*. — Bergh, *Beiträge zur Kenntniss der Æolidiaden*, VIII (Verhandl. zool. bot. Gesellsch. Wien, Bd XXXV, pl. III, fig. 10).

[4] Sars, *loc. cit.*, pl. XVI, fig. 13 *a*.

[5] Hancock et Embleton, *On the anatomy of* Eolis, *loc. cit.*, p. 196; contrairement à ce que dit Bergh (*Die Cladohepatischen Nudibranchien*, loc. cit., p. 31).

2° Divers Éolidiens ont un stylet pénial : *Capellinia, Calma, Flabellina, Amphorina;*

3° Certains Éolidiens ont aussi des acini sans sacs « ovigères » autour d'une poche spermatique; exemple : *Coryphella* [1], où l'hémisphère distal des acini est femelle;

4° Les Eolididæ seuls ont des sacs à cnidocystes; les autres Éolidiens en sont dépourvus. Par contre, certains Sacoglosses ou Élysiens (*Hermæa* [2]) ont sur les papilles dorsales les mêmes glandes que divers Éolidiens (*Doto* [3]).

Il suit de là que les différences sont moins grandes entre les Élysiens et les Éolidiens qu'entre ces derniers et les Doridiens, par exemple [4]. Les Élysiens sont donc incontestablement des Nudibranches.

D'autre part, les Éolidiens et les Élysiens constituent, dans leur direction, les plus spécialisés des Nudibranches. Mais les Élysiens le sont plus que les Éolidiens, notamment par :

1° La constitution de leur radule;

2° La constitution de leurs organes génitaux, à glandes accessoires (prostate, glande albuminipare) diffuses et à conduit femelle bifurqué dans la plupart des formes;

3° La symétrie du foie, à deux canaux longitudinaux [5];

4° Les orifices réno-péricardiques multiples de certaines formes (fig. 173).

Donc, ce sont les Élysiens qui dérivent d'une souche éolidienne. Et, parmi les Éolidiens actuels, *Fiona* parait (comme Hancock l'avait déjà supposé) le plus voisin de celle-ci par :

a) Son anus presque médian, sur une papille saillante, en avant de laquelle est l'orifice rénal;

[1] Trinchese, *Æolididæ e famiglie affini* (Atti Accad. Lincei, 3e sér., vol. XI, 1882, pl. LXX, fig. 6).

[2] Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, pl. LXXVIII, fig. 4.

[3] Vayssière, *Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, loc. cit., pl. VII, fig. 133. — Trinchese, *Aeolidiidæ e famiglie affini*, loc. cit., pl. LX, fig. 9.

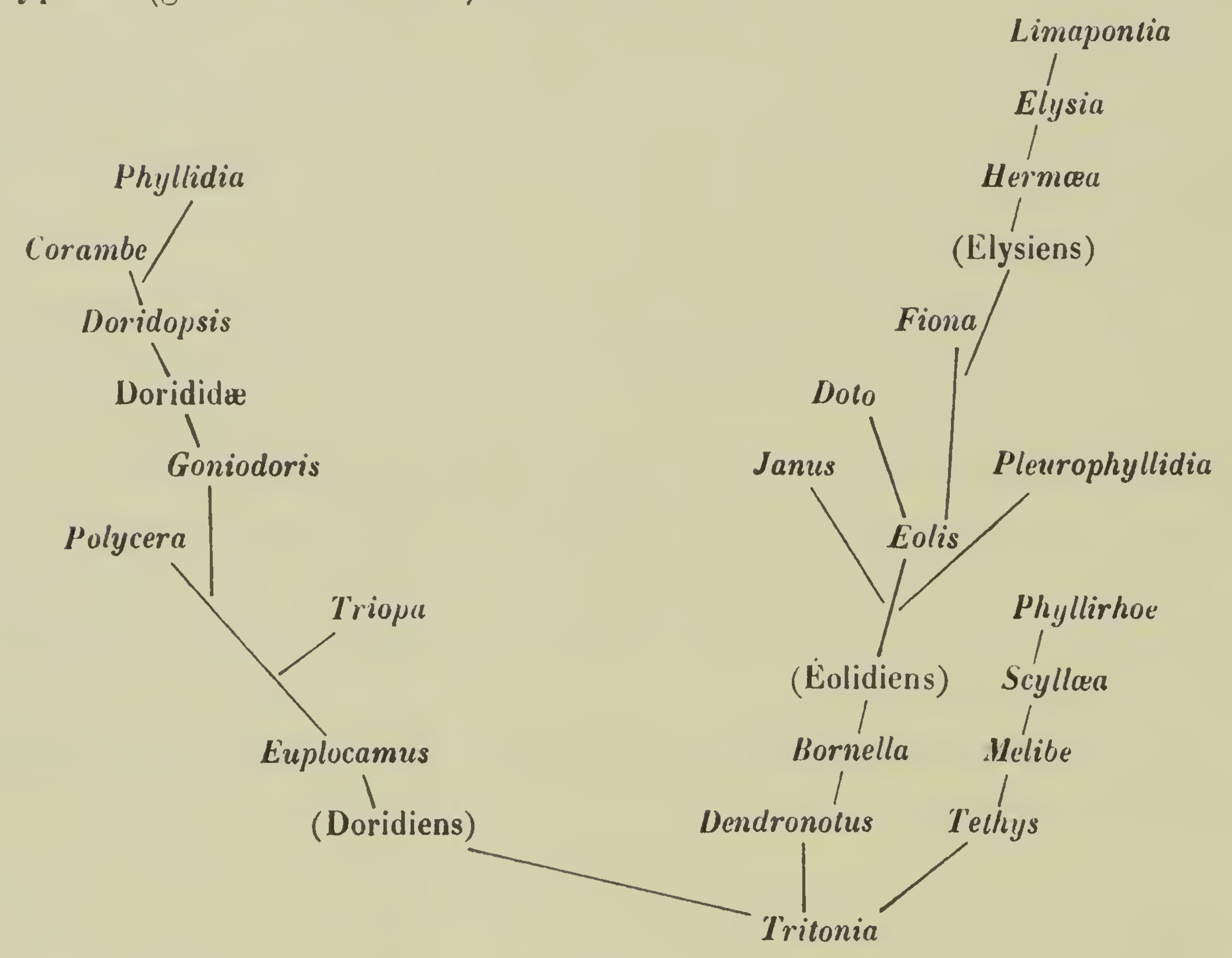
[4] La brièveté du conduit réno-péricardique (fig. 163), qui écarte les Élysiens des Doridiens, les rapproche encore des Eolidiens (fig. 137).

[5] Cette symétrie du foie de l'adulte n'est pas primitive, puisque les embryons présentent les deux mêmes lobes asymétriques du foie que les embryons des Eolidiens.

b) Ses orifices génitaux mâle et femelle écartés;
c) La saillie latérale de la masse viscérale au-dessus du pied;
d) La présence de deux longs conduits hépatiques parallèles;
e) L'existence d'un seul otolithe, dans chaque otocyste;
f) L'accolement des ganglions pédieux (fig. 143).

G. *Classification phylogénétique des Nudibranches.*

Le tableau suivant exprime les relations génétiques des principaux « types » (genres ou familles) de Nudibranches :



Une seule tentative a été faite jusqu'ici dans ce sens par Bergh [1], qui considère le développement phylogénétique des Nudibranches [2] comme

[1] Bergh, *Die Cladohepatischen Nudibranchien,* loc. cit., p. 3.
[2] Tritoniens, Éolidiens, Élysiens.

s'étant effectué à peu près dans le sens contraire, les « Sacoglosses » ou Élysiens étant pour lui la souche, et l'évolution allant de *Limapontia* par *Elysia* vers *Hermæa* [1], puis par les Éolidiens vers *Tritonia* [2].

Von Jhering [3] tient aussi les Sacoglosses pour voisins de la souche des Nudibranches; mais il repousse *Limapontia* comme forme ancestrale [4]. Il pense aussi, avec réserves toutefois, que les *Tritonia* ont leur origine dans les Éolidiens [5]. Il n'a, pas plus que Bergh, reconnu les caractères archaïques des Tritoniens, non plus que leurs affinités pour les Doridiens.

H. *Résultats systématiques.*

a) Les Sacoglosses ne comprennent que les Élysiens proprement dits, à l'exclusion des Lophocercidæ (*Lobiger* et *Lophocercus*);

b) Les Sacoglosses ne constituent pas un groupe en dehors des Nudibranches, mais une subdivision de cet ordre, au même titre que les Tritoniens, Doridiens et Éolidiens [6];

c) Il n'y a pas d'Inférobranches. Cette subdivision, conservée par Bronn [7], Fischer [8], Lankester [9] et Vayssière [10], comprenait les Phyllidiens et les Pleurophyllidiens : les premiers sont des Doridiens; les seconds, des Éolidiens;

[1] Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 205.

[2] Bergh, *Die Cladohepatischen Nudibranchien*, loc. cit., p. 72 : « die Tritoniaden bilden das äusserste Glied des Stammes der cladohepatischen Nudibranchien ».

[3] von Jhering, *Les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 245.

[4] von Jhering, *Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 402.

[5] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 177.

[6] Contrairement à l'opinion de von Jhering (*Des relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 243), et de Vayssière (*Recherches zoologiques et anatomiques sur les Mollusques Opistobranches du golfe de Marseille*, II, loc. cit., p. 16).

[7] Bronn, *Die Klassen und Ordnungen der Weichthiere*, p. 802.

[8] Fischer, *Manuel de Conchyliologie*, p. 528.

[9] Lankester, *Mollusca*, *Encyclopædia Britannica*, 9th edit., vol. XVI, p. 655.

[10] Vayssière, *loc. cit.*, p. 17.

d) Il y a quatre sous-ordres de Nudibranches [1] : Tritoniens, Doridiens, Éolidiens, Élysiens; les Tritoniens étant la souche commune des Doridiens et Éolidiens, et ces derniers, celle des Élysiens.

3° Relations des Tectibranches et des Nudibranches entre eux.

A. *Les Nudibranches sont plus spécialisés que les Tectibranches.*

Cette idée n'est pas nouvelle, en ce sens qu'on la trouve déjà exprimée, sans preuve à l'appui cependant, par exemple, par Gegenbaur [2], pour lequel les Nudibranches sont les Opisthobranches les plus éloignés de la souche, et par von Erlanger [3]. Mais, d'un autre côté, von Jhering défend une opinion tout à fait opposée [4] : les Opisthobranches nus seraient les plus archaïques, et les formes testacées en dérivent.

Je trouve des preuves de la spécialisation plus grande des Nudibranches, dans :

a) *La perte de la coquille.* — Pour von Jhering [5], les Nudibranches représentent un stade du développement *progressif* de la coquille, c'est-à-dire que celle-ci, après avoir commencé à se développer chez eux, ne s'est fixée chez l'adulte que dans des formes plus avancées en spécialisation.

[1] Le genre *Rhodope* ne peut être rangé parmi les Nudibranches, dont il diffère (ainsi que des autres Mollusques) par l'absence de cœur et de péricarde, par le rein à pavillons ciliés de Plathelminthe, par son appareil reproducteur à acini postérieurs mâles et antérieurs femelles, avec un conduit hermaphrodite indivis, par l'absence de foie, par l'absence, dans les centres nerveux, des grosses cellules ganglionnaires caractéristiques des Opisthobranches et par le développement, tout différent de celui des Gastropodes. — *Rhodope* est vraisemblablement le type d'un groupe particulier de Vers plats; c'est aussi une des conclusions de Böhmig, le dernier auteur qui ait étudié ce curieux organisme (*Zeitschr. f. wiss. Zool.*, Bd LVI, p. 106, 1893).

[2] Gegenbaur, *Manuel d'anatomie comparée*, trad. franç., p. 443.

[3] Erlanger, *On the paired nephridia of Prosobranchia, etc.* (Quart. Journ. Micr. Sci., vol. XXXIII, p. 25) : « of all the Opisthobranchiata, the Tectibranchiate are certainly the least modified forms ».

[4] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 203.

[5] von Jhering, *Les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 228.

Or, un organe perdu dans le cours du développement (comme c'est le cas pour la coquille et l'opercule des Nudibranches) *chez des formes souches*, ne réapparaît pas pour se conserver à l'état adulte dans des formes dérivées [1]. Mais très fréquemment, au contraire, des organes bien développés (comme la coquille et l'opercule des Bulléens archaïques) chez l'adulte des formes souches se montrent, puis disparaissent dans le cours du développement des formes dérivées.

Il est bien connu que dans des Gastropodes à coquille réduite et interne (exemples : *Philine, Pleurobranchus*), avant d'être interne, cette coquille a été externe, operculée et comparativement plus développée; les adultes en question sont donc, à ce point de vue, plus avancés en développement *régressif*. A plus forte raison y a-t-il aussi spécialisation régressive quand l'embryon (comme c'est le cas pour les Nudibranches) est pourvu d'une coquille externe operculée, — et tout autant développée que dans les formes ci-dessus, — et que l'adulte en est, au contraire, *totalement* dépourvu.

b) *La régression de la masse viscérale.* — Dans le développement, la masse viscérale des Nudibranches est séparée du pied, comme dans les Bulléens et Prosobranches adultes: mais chez les Nudibranches adultes, cette masse viscérale est secondairement unie au pied sur toute la longueur.

c) *La conformation du rein.* — Celle-ci n'est pas la conformation primitive des reins de *Chiton*, quoi qu'en dise Perrier [2]. Outre que le rein est impair, il a ses deux orifices (péricardique et externe) réellement voisins et un conduit réno-péricardique généralement long, dont la partie initiale seule est ciliée.

[1] En d'autres termes : « l'évolution est irréversible » (Dollo, *Sur l'origine de la nageoire caudale des Ichthyosaures* (Bull. Soc. belge géol., paléont. et hydrol., t. VI, p. 69). — J'en trouve une preuve malacologique dans l'argonaute, où la coquille palléale a été perdue dans le développement phylétique du groupe Octopodes : la femelle ayant besoin d'une coquille pour protéger ses œufs, la coquille palléale ne réapparaît pas, *bien qu'il y ait au commencement du développement ontogénique, une invagination coquillière* (shell-gland) *du manteau*; et ce sont les bras dorsaux qui fabriquent la nouvelle coquille.

[2] Perrier, *Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes Prosobranches* (Ann. d. sc. nat., 7e série, t. VIII, p. 286). L'hypothèse de cet auteur, qui, dans les ancêtres des Nudibranches, veut voir des voisins des Amphineures (*Éléments d'anatomie comparée*, p. 613), est donc sans fondement.

d) *La perte de l'osphradium et l'acquisition de ganglions olfactifs tentaculaires* (par balancement organique), en opposition aux autres Gastropodes, pourvus d'un ganglion osphradial [1].

e) *La concentration du système nerveux.* — Le système nerveux des Nudibranches ne constitue pas une disposition primitive, contrairement à l'opinion de von Jhering [2]. La conformation qu'il présente : réunion sur les côtés et à la face dorsale de l'œsophage (fig. 100, 111, 115, 118, 122, 134), de tous les éléments ganglionnaires, existe en tendance dans les Bulléens et autres Opisthobranches moins spécialisés; en effet :

α) Le raccourcissement de la commissure cérébrale dorsale : *Actæon* (fig. 3), *Bulla hydatis, Acera* (fig. 29) en montrent des stades successifs; de même que ce dernier, les Aplysiens (fig. 81) et les Pleurobranchidæ (fig. 83) ont les ganglions cérébraux en contact;

β) L'allongement de la commissure pédieuse infra-œsophagienne; il se constate dans presque tous les Opisthobranches : les ganglions pédieux y sont séparés par une longue commissure (fig. 3, 18, 20, 29, etc.);

γ) La tendance au déplacement des ganglions viscéraux aux extrémités de la commissure viscérale, c'est-à-dire aux côtés de l'œsophage; elle s'observe déjà dans les Bulléens : *Doridium* et *Philine,* en partie (le ganglion supra-intestinal y est accolé au pleural droit), et se voit au maximum dans *Gastropteron,* où tous les éléments se trouvent aux deux extrémités de la commissure viscérale qui est alors nue et assez courte (la même chose dans les Umbrellidæ), comme dans la majorité des Nudibranches, alors qu'il y a, au contraire, certains de ces derniers (*Tritonia,* fig. 100, Polyceratidæ, fig. 118, 122) où il reste encore un ganglion (abdominal) sur la commissure viscérale.

Von Jhering a comparé le système nerveux des Nudibranches à celui des Turbellariés (masse ganglionnaire supra-œsophagienne) et refuse d'accorder

[1] La même chose s'observe aussi dans les Pulmonés stylommatophores, ce qui rend vraisemblable que l'osphradium est bien un organe olfactif.

[2] von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes,* loc. cit., pp. 195, 196, 226.

de la valeur au *développement ontogénique* de ce système [1]. Or, on y trouve une preuve que le ganglion dorsal des Turbellariés n'est pas comparable au système nerveux condensé des Nudibranches : en effet, le ganglion dorsal des premiers se développe d'une pièce; les centres des Nudibranches, au contraire, se forment séparément : cérébraux, pleuraux et pédieux distincts.

f) *La décentralisation secondaire* de la glande digestive, des glandes génitales, dans un grand nombre de Nudibranches.

g) *La complication des organes génitaux* de divers d'entre eux (Doridiens, Élysiens triaules). Von Jhering reconnaît lui-même [2] qu'à ce point de vue les Tectibranches sont plus archaïques.

De tout ce qui précède, on ne peut donc pas conclure que les Nudibranches sont la souche des Tectibranches [3], mais bien l'inverse.

B. *Affinités des Nudibranches les plus archaïques.*

L'idée d'affinités entre les Pleurobranches et les Nudibranches se trouve déjà exprimée par Souleyet [4].

En 1888, j'ai fait voir par différents arguments qu'il y a surtout ressemblance entre les *Tritonia* (Nudibranche le plus archaïque) et *Pleurobranchæa* [5]. Bergh, en 1892, admet des relations des Pleurobranches, mais avec les Doridiens seulement [6]. Quant à von Jhering qui, en 1887 [7],

[1] von Jhering, *loc. cit.*, p. 203.

[2] von Jhering, *loc. cit.*, p. 229.

[3] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 203.

[4] Souleyet, *Zoologie du voyage de la Bonite*, t. II, p. 460 : « Les Pleurobranches que Cuvier place dans cet ordre (Tectibranches) se rapprochent d'avantage des Inférobranches et Nudibranches. » — On sait que les Inférobranches de Cuvier sont les Pleurophyllidiidæ (des Éolidiens) et les Phyllidiidæ (des Doridiens) ; la phrase de Souleyet doit donc se lire : « ..... se rapprochent d'avantage des Nudibranches. »

[5] Pelseneer, *Sur quelques points d'organisation des Nudibranches et sur leur phylogénie* (Ann. Soc. malacol. Belg., t. XXVI, p. lxviii).

[6] Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 997.

[7] von Jhering, *Giebt es Orthoneuren?* (Zeitschr. f. wiss. Zool., Bd XLV, p. 524).

reconnaissait les Pleurobranchiens comme un groupe intermédiaire entre les Tectibranches et les Nudibranches, il repousse maintenant ces relations [1], auxquelles il voit un obstacle dans la présence d'une cavité coquillière chez les Pleurobranches. Or, *Pleurobranchæa* est non seulement privé de coquille, mais aussi tout à fait dépourvu de cavité coquillière, comme un Nudibranche [2].

Les caractères « nudibranchiens » suivants des Pleurobranches sont assez nets :

a) Coquille et cavité coquillière nulles (*Pleurobranchæa*);

b) Spicules dans les téguments;

c) Part très importante du manteau dans la respiration (fig. 99); certaines espèces y ont même des tubercules ou appendices dorsaux saillants [3];

d) Système nerveux au dos du tube digestif (*Pleurobranchus*); centres cérébraux et pleuraux accolés, les derniers innervant le manteau (fig. 83);

e) Cellules ganglionnaires énormes (Pleurobranches et Nudibranches), plus grandes encore que dans tous les autres Opisthobranches (fig. 92);

f) Tendance à la disparition des éléments ganglionnaires de la commissure viscérale (fig. 83, 90, 100, etc.);

g) OEil enfoncé dans les téguments, à cellules rétiniennes grosses, peu nombreuses et d'une seule espèce (fig. 94 et 105);

h) Absence d'osphradium et acquisition d'un ganglion olfactif tentaculaire (fig. 88, 118);

i) Otocystes dorsaux, contre les centres cérébraux (*Pleurobranchus*, fig. 84, et Nudibranches, fig. 100, 115, 122, 134);

j) Ganglions stomato-gastriques accessoires (gastro-œsophagiens) (fig. 90, 100, etc.);

k) Long conduit réno-péricardique (fig. 97), comme chez les Tritoniens (fig. 105) et Doridiens (fig. 124);

1 von Jhering, *Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 401.

2 Ainsi que je l'ai montré (*Sur le manteau de Scutum* [Ann. Soc. malacol. Belg., t. XXIV, p. 387]).

3 Quoy et Gaimard, *Zoologie du voyage de l'Astrolabe*, Mollusques, pl. XXII, fig. 13, t. II, p. 294 : *Pleurobranchus mamillatus*.

l) Glandes génitales à acini mâles et femelles séparés (fig. 85) et entourant le foie, comme dans les Tritoniens et Doridiens (fig. 108 et 120);

m) Ponte en ruban enroulé [1].

Donc les Pleurobranchidæ, et spécialement *Pleurobranchæa,* sont très voisins des Nudibranches. Et d'autre part, les Tritoniens (c'est-à-dire les Nudibranches les plus archaïques : voir plus haut) présentent tous les caractères suivants des Pleurobranchidæ, qu'aucun autre Nudibranche ne possède *réunis :*

a) Un voile céphalique ou « frontal » (fusion de la paire antérieure de tentacules);

b) Un pied large (fig. 102);

c) L'anus latéral;

d) Le ventricule du cœur à droite (fig. 105);

e) Le système nerveux central encore sur le bulbe buccal (fig. 101), comme chez *Pleurobranchæa ;*

f) La radule très large;

g) Un jabot œsophagien, comme chez *Pleurobranchæa ;*

h) De grandes glandes salivaires, très étendues, jusque sur le jabot et les glandes génitales accessoires;

i) Un rein en forme de sac (fig. 105, 108), sans ramifications; un long canal réno-péricardique antéro-postérieur;

j) Des glandes péricardiques (sur l'oreillette, fig. 107);

k) La glande génitale autour du foie;

l) Les orifices mâle et femelle dans un vestibule commun.

Tritonia, il est vrai, ne possède pas de spicules; mais parmi les Doridiens, il en est aussi qui en sont dépourvus (*Plocamophorus*). Et, d'un autre côté, les Tritoniidæ (*Marionia* surtout) montrent la même ornementation des téguments que certains Pleurobranches (exemple : *Pleurobranchus testudinarius*).

Les Tritoniens (dont von Jhering disait l'origine obscure [2], et dont la

[1] Lo Bianco, *Notizie biologische* (Mitth. zool. Stat. Neapel, Bd VIII, p. 420).

[2] von Jhering, *Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, p. 177.

position systématique est généralement regardée comme incertaine [1]), sont donc les Nudibranches les plus voisins des Pleurobranchidæ. D'un autre côté, comme on a vu plus haut (3° A) que les Nudibranches sont plus spécialisés que les Tectibranches, il en résulte que les Tritoniens (avec tous les Nudibranches dont ils constituent la souche) dérivent des Pleurobranchidæ.

Bergh [2] considère les Nudibranches comme diphylétiques, les Sacoglosses (Élysiens) étant pour lui intermédiaires entre les Tectibranches et les « Cladohépatiques » (incl. Tritoniens, qui dériveraient des Éolidiens), et les Doridiens *seuls* provenant des Pleurobranches [3]. Ce qui ne s'accorde pas avec ce qu'il disait [4] précédemment : que les Tritoniens sont les « Cladohépatiques » les plus voisins des Doridiens.

Or, on a vu plus haut que les Tritoniens, loin d'être dérivés des Éolidiens et de constituer ainsi un groupe terminus, représentent, au contraire, la souche de tous les Nudibranches, et que les Sacoglosses, d'autre part, sont les plus spécialisés de la branche « éolidienne » (l'évolution étant ainsi inverse de celle supposée par Bergh); en outre, les Nudibranches doivent être tenus pour monophylétiques, puisque les Doridiens, tout aussi bien que les Éolidiens, dérivent des Tritoniens.

2. RELATIONS PHYLOGÉNÉTIQUES DES OPISTHOBRANCHES AVEC LES AUTRES GASTROPODES.

1° Rapports des Opisthobranches avec les Pulmonés.

Ces relations, inaperçues par Milne Edwards, qui créa les deux groupes, ont été indiquées pour la première fois par Mörch [5]; elles furent confirmées

[1] Fischer, *Recherches sur la morphologie du foie des Gastéropodes* (Bull. scientif. France et Belgique, t. XXIV, p. 317).

[2] Bergh, *Malakologische Untersuchungen*, p. 996.

[3] *Ibid.*, p. 997.

[4] Bergh, *Die Cladohepatischen Nudibranchien*, loc. cit., pp. 6 et 72.

[5] Mörch, *On the systematic value of the Organs which have been employed as fundamental characters of the Classification of the Mollusca* (Ann. mag. nat. hist., 3e série, t. XVI, p. 11 du tiré à part : Androgyna = Pulmonés, Opisthobranches et Ptéropodes).

par von Jhering [1] et Spengel [2] et admises depuis par bien d'autres auteurs, notamment par Hutton [3], Ray Lankester [4] et de Lacaze-Duthiers [5].

Il y a donc là une opinion considérable par le nombre de ses partisans. Elle n'a rencontré d'opposition que de la part de Perrier : celui-ci déclare, en effet, que « rien dans la structure du rein n'autorise cette manière de voir, *d'ailleurs à peu près abandonnée* » [6].

Mais si ces rapports entre Opisthobranches et Pulmonés sont, quoi qu'en dise Perrier, généralement admis, ils n'ont cependant été examinés un peu en détail que par von Jhering seul. Et pour lui, les Pulmonés seraient *diphylétiques* [7], dérivant de *deux* groupes différents d'Opisthobranches et formant un ensemble artificiel, dont les deux divisions, — Basommatophores ou Limnéens et Stylommatophores ou Héliciens, — seraient sans relations naturelles.

C'est ce point, relations des Pulmonés entre eux, qu'il faut considérer d'abord.

A. *Relations mutuelles des Pulmonés.*

a) FORMES INTERMÉDIAIRES ENTRE LES STYLOMMATOPHORES ET LES BASOMMATOPHORES [8].

Contrairement à l'opinion de von Jhering, je suis d'avis qu'il existe des formes montrant des relations génétiques entre les deux groupes, et que ces

[1] VON JHERING, *Versuch eines natürlichen Systems der Mollusken*, loc. cit., p. 48 : Ichnopoda = Opisthobranches et Pulmonés.

[2] SPENGEL, *Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken*, loc. cit., p. 373 : Euthyneura = Opisthobranches, Pulmonés et Ptéropodes.

[3] HUTTON, *Notes on the Structure and Development of Siphonaria australis* (ANN. MAG. NAT. HIST., 5e série, vol. IX, p. 344 : Monoeca = Opisthobranches et Pulmonés).

[4] RAY LANKESTER, *Mollusca*, loc. cit., p. 649 : Euthyneura = Opisthobranches et Pulmonés.

[5] DE LACAZE-DUTHIERS, *La classification des Gastéropodes* [COMPTES RENDUS, t. CVI, pp. 716 et suiv. : Astrepsineures = « Pleuroneurés » + « Notoneurés » (ou Opisthobranches) et « Gastroneurés » (ou Pulmonés)].

[6] PERRIER, *Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes Prosobranches*, loc. cit., p. 285.

[7] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 205.

[8] Divers auteurs ont cru voir dans *Succinea* un Stylommatophore (Hélicien) voisin des Basommatophores (Limnéens), à cause de leur habitation presque aquatique, leurs tentacules antérieurs presque nuls et leurs orifices mâle et femelle distincts quoique contigus. Mais ce sont là des caractères tout à fait superficiels; *Succinea* a le système nerveux, tube digestif, poumon, organes génitaux caractéristiques d'un Hélicien.

formes sont les Auriculidæ. Ceux-ci sont, en effet, les Basommatophores les plus voisins des Stylommatophores, par un certain nombre de caractères, notamment :

α) L'existence de tentacules antérieurs rudimentaires (fig. 196);

β) L'absence de pavillon respiratoire (fig. 197; comparer avec la fig. 209);

γ) L'absence d'osphradium (comme dans les Prosobranches terrestres : Cyclophoridæ et Helicinidæ [1]). Ces deux derniers caractères étant amenés par la vie absolument terrestre, qui est commune aux Auriculidæ (seuls Basommatophores non aquatiques) et aux Stylommatophores, et leur fait aussi acquérir les mêmes téguments rugueux;

δ) La mandibule dorsale unique; la radule montrant presque autant de ressemblance avec celle des Héliciens qu'avec celle des Limnéens.

ε) L'œsophage fort long, pourvu d'un renflement en forme de jabot (fig. 203), comme chez *Helix, Arion, Oncidium*, etc.;

ζ) Le lobe antérieur du foie s'ouvrant dans l'œsophage (fig. 203), comme chez *Arion, Vaginula, Oncidium;*

η) La glande supra-pédieuse (fig. 200, v) presque aussi développée que dans les Stylommatophores.

b) SPÉCIALISATION PLUS GRANDE ET ORIGINE DES STYLOMMATOPHORES.

Relativement à la question de savoir quel est le groupe de Pulmonés qui a donné naissance à l'autre (par l'intermédiaire des Auriculidæ), il est facile de voir que les Stylommatophores sont plus spécialisés que les Basommatophores :

α) Par la concentration plus grande des centres nerveux, qui sont toujours resserrés autour de l'œsophage et aussi accolés que possible, les centres viscéraux surtout; ces derniers, tous trois séparés et distincts dans tous les Basommatophores (fig. 205, 210, 214), sont, dans la plupart des Stylommatophores, accolés et même fusionnés (abdominal et supra-intestinal de divers Héliciens : fig. 226);

[1] Bernard, *Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes Prosobranches* (Ann. d. sc. nat., 7e série, t. IX, p. 209).

β) Par la tendance à la réduction du manteau et de la coquille (il y a beaucoup de Stylommatophores nus, mais tous les Basommatophores sont testacés et à manteau bien développé);

γ) Par la perte de l'osphradium, qui n'existe plus qu'exceptionnellement, et à l'état rudimentaire, dans des *Testacella* [1] et *Helix* adultes [2] et dans le développement de *Limax* [3];

δ) Par le déplacement de l'œil sur le tentacule postérieur, jusqu'au sommet (dans le cours du développement, il se trouve plus vers la base du tentacule : exemple, *Limax*);

ε) Par le développement d'un uretère ou conduit excréteur du rein, souvent très long;

ζ) Par le rapprochement secondaire du pénis et de l'ouverture femelle (l'oviducte et le spermiducte restant longs et distincts).

Ce sont donc les Basommatophores qui, étant moins spécialisés que les Stylommatophores, ont donné naissance à ces derniers, et ce par l'intermédiaire des Auriculidæ, comme il a été montré ci-dessus (2, 1°, A, *a*) [4].

[1] Plate, *Studien über Opisthopneumone Lungenschnecken*, I (Zool. Jahrb., Abth. f. Anat., Bd IV, pl. XXXVII, fig. 103).

[2] Sarasin, *Ueber drei Sinnesorgane und die Fussdrüse einiger Gastropoden* (Arb. Zool.-Zoot. Inst. Würzburg, Bd VI, p. 12 du tiré à part, fig. 16, 17).

[3] Henchman, *The origin and development of the central Nervous System in Limax maximus* (Bull. Mus. Comp. Zool., vol. XX, pp. 188, 189 et 198).

[4] Les Stylommatophores ne peuvent dériver des Nudibranches, comme le veut von Jhering (*Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 398), ces derniers ayant un système nerveux infiniment plus concentré (comparez les figures 205, 210 et 214 avec la figure 226). Ce ne peuvent être non plus les Oncidiidæ et Vaginulidæ qu'il faut considérer comme les plus archaïques des Stylommatophores (von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 226), vu qu'ils sont déjà, à divers points de vue, très spécialisés : par la concentration du système nerveux, par la disparition de la cavité palléale et de la coquille (existant dans l'embryon), etc. — Ces formes (Oncidiidæ) se sont peut-être détachées anciennement de la souche des Pulmonés, comme le veut Plate (*Ueber den Bau und die Verwandtschaftsverhältnisse der Onchidien* [Verhandl. zool. Gesellsch., 1892, pp. 30 à 40]); mais ce ne peut être toutefois *avant* la naissance des Stylommatophores, contrairement à l'opinion de cet auteur (voir aussi le nouveau mémoire de Plate, paru depuis l'achèvement du présent travail, dans Zool. Jahrb., Abth. f. Anat. u. Ontog., Bd VII, 1893 [*Studien über Opisthopneumone Lungenschnecken*, II]).

Les Stylommatophores les plus archaïques sont probablement les Bulimoïdes, ainsi que le font croire l'uretère nul ou incomplètement fermé de divers Bulimides, la commissure viscérale relativement longue, et certaines autres particularités du système nerveux.

c) PULMONÉS LES PLUS ARCHAÏQUES[1].

Les Auriculidæ, qui représentent la souche des Stylommatophores, sont en même temps les plus primitifs des Basommatophores et, par conséquent, de tous les Pulmonés. Les caractères suivants, réunis, montrent en effet l'archaïcité de cette famille :

α) L'opercule et le grand velum des larves[2];

β) La longue commissure viscérale, avec tous ses ganglions écartés (fig. 205); les centres cérébraux écartés et situés, avec leur commissure, en avant du bulbe buccal (fig. 203);

γ) L'estomac musculaire (fig. 203);

δ) Les glandes salivaires encore cylindriques (fig. 203), non encore lobulées et aplaties, comme dans la majorité des Pulmonés;

ε) Plus nettement encore que tout le reste, la conformation des organes génitaux : un conduit commun, jusqu'à l'ouverture *hermaphrodite,* physiologiquement femelle (seuls Pulmonés dans ce cas), cet orifice hermaphrodite étant joint au pénis par une gouttière au fond de laquelle est le canal mâle, fermé (fig. 199);

ζ) L'habitat marin de ces Pulmonés confirme encore leur archaïcité.

B. *Affinités des Pulmonés les plus archaïques.*

Celles-ci deviennent très évidentes lorsqu'on examine, comme je l'ai fait, les genres *Auricula, Amphibola* et *Chilina,* qui ne sont pas étudiés habituellement. Je considère en effet ces genres (et même leurs voisins Sipho-

[1] Je ne puis traiter ici de la phylogénie spéciale et détaillée des Pulmonés, n'ayant pas encore eu à ma disposition des matériaux en quantité suffisante pour une étude un peu générale de ce groupe si nombreux. Je me borne à donner des arguments montrant :

a) Les relations des Stylommatophores et des Basommatophores entre eux;

b) La spécialisation plus grande des premiers;

c) L'archaïcité des Auriculidæ, représentant actuellement la souche de tous les Pulmonés.

[2] Semper, *Die natürliche Existenzbedingungen der Thiere,* t. II, p. 101.

nariidæ)[1] comme les plus archaïques des Basommatophores (voir pour les Auriculidæ, le paragraphe précédent, *c*) et comme *voisins des Opisthobranches;* les faits suivants démontrent ce dernier point :

α) Un opercule existe, comme chez les Tectibranches Actæonidæ, dans les *Amphibola* adultes (fig. 213), dans les larves d'Auriculidæ[2], de *Siphonaria*[3] et de *Gadinia*[4];

β) Un velum larvaire (exceptionnel dans les Pulmonés) se rencontre, comme chez les Opisthobranches, dans les Auriculidæ[5], *Siphonaria*[6], *Gadinia*[7];

γ) Il y a une longue commissure viscérale dans *Auricula* (fig. 205), *Chilina* (fig. 210) (un peu tordue dans ces deux derniers, comme chez divers Bulléens — fig. 18 et 22 —, en ce sens que le ganglion supra-intestinal en est encore le point le plus dorsal), *Amphibola* (fig. 214); les ganglions cérébraux y sont très écartés et situés en avant du bulbe buccal, comme dans les Bulléens archaïques;

δ) L'estomac est très musculeux, comme dans la plupart des Bulléens;

ε) A l'angle postéro-inférieur de l'ouverture palléale, le bord du manteau constitue une saillie (comme d'ailleurs dans tous les Basommatophores, sauf les Auriculidæ, par suite de leur adaptation à la vie terrestre), appelée lobe ou pavillon respiratoire (fig. 208, VII) et correspondant au lobe palléal inférieur des Bulléens (fig. 22, VIII);

ζ) L'ouverture palléale, ou pneumostome, de *Chilina* est encore fort large (relativement aux autres Pulmonés) (fig. 208) et se rapproche de l'ouverture rétrécie de divers Bulléens (fig. 22);

[1] Bouvier (*Sur l'organisation des Amphiboles* [Bull. Soc. philom. Paris, 8e série, t. IV, p. 151]) considère la descendance comme s'étant faite de *Siphonaria* à *Amphibola* et de celui-ci à *Auricula*. L'archaïcité plus grande de ce dernier montre qu'il faut évidemment renverser les termes.

[2] Semper, *loc. cit.*

[3] Hutton, *Notes on the structure and development of Siphonaria australis*, loc. cit., p. 343.

[4] de Lacaze-Duthiers, *Le système nerveux et les formes embryonnaires du Gadinia Garnoti* (Comptes rendus, t. C, p. 151).

[5] Semper, *loc. cit.*

[6] Hutton, *loc. cit.*, p. 343.

[7] de Lacaze-Duthiers, *loc. cit.*, p. 150.

η) La cavité du rein est divisée par des cloisons parallèles chez *Auricula* (fig. 207, 208), *Amphibola* (fig. 217), *Chilina* (fig. 210), comme dans les Bulléens (fig. 15, 64)[1];

θ) L'appareil reproducteur de *Auricula* est très semblable à celui des Bulléens : seul parmi les Pulmonés, *Auricula* possède un conduit hermaphrodite indivis, avec un orifice hermaphrodite uni au pénis par une gouttière au fond de laquelle se trouve un spermiducte, naissant à l'ouverture hermaphrodite (fig. 199), exemple le plus frappant de la transformation d'une gouttière ciliée en spermiducte. Chez *Amphibola*, il est vrai, le conduit hermaphrodite est déjà bifurqué, mais sur une *très petite* longueur, et le spermiducte naît très peu avant l'orifice femelle (fig. 219); tandis que dans *Chilina* (fig. 211), les branches mâle et femelle du conduit génital sont longues, comme chez les autres Pulmonés.

Les Pulmonés archaïques, et surtout *Auricula*, ont donc des affinités remarquables pour les Opisthobranches Tectibranches, mais principalement pour les Bulléens, comme on vient de le voir. Ces ressemblances portent jusque sur la coquille, qui est très semblable chez *Auricula* et *Actæon*.

Or, comme tous les Pulmonés sont plus spécialisés que ces Opisthobranches, notamment par la perte de la branchie et le rétrécissement de l'ouverture palléale, on peut conclure que *Auricula*, — avec tous les Pulmonés dont il est la souche, — provient de formes dont *Actæon* est, parmi les Tectibranches actuels, le plus fidèle représentant[2]. Cette origine actæo-

[1] La structure du rein est donc analogue dans les Opisthobranches et les Pulmonés, contrairement à ce que dit Perrier (*Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes Prosobranches*, loc. cit., p. 285).

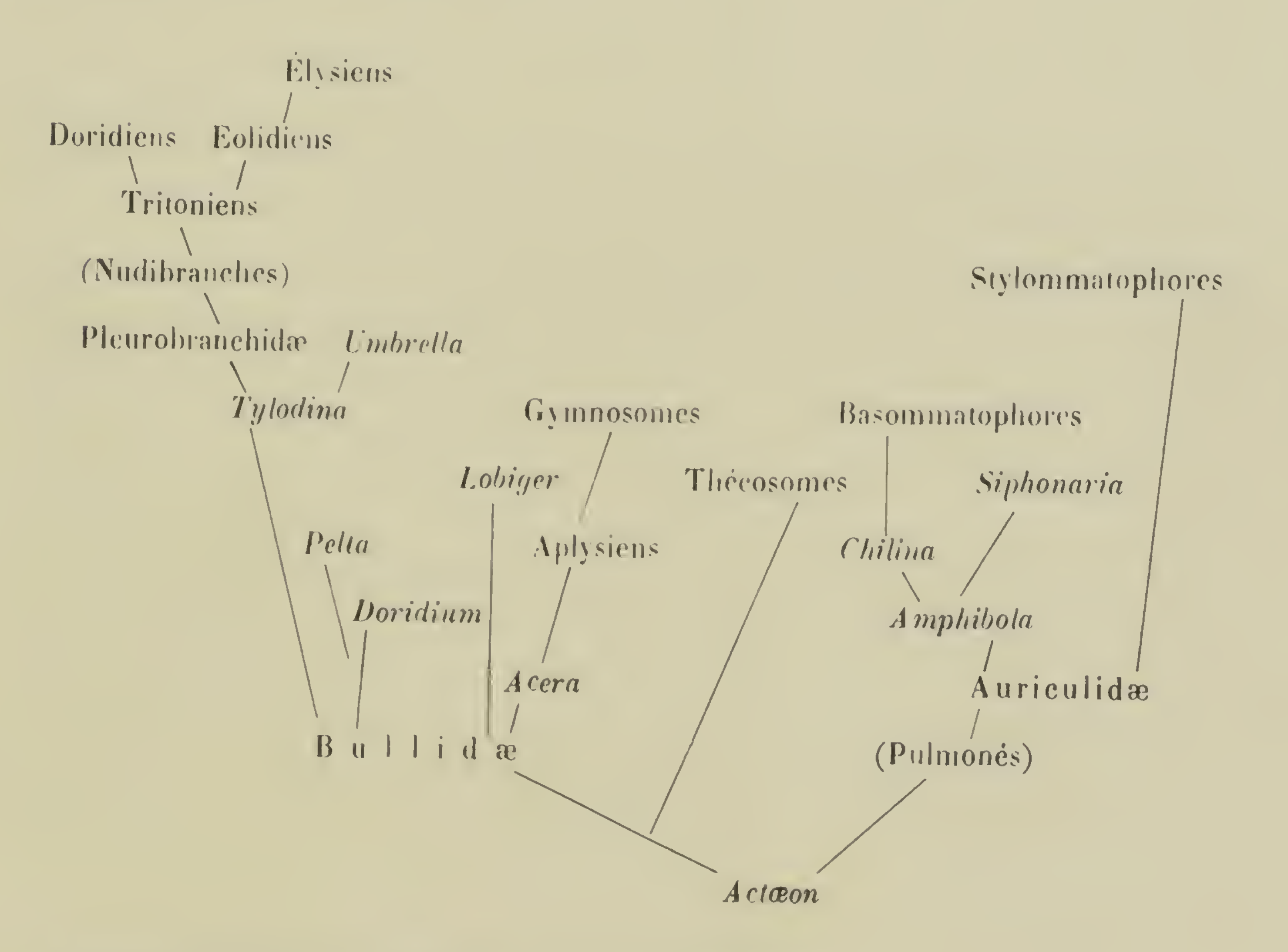
[2] Contrairement à l'opinion de Spengel, qui supposait que les Auriculidæ possédaient deux osphradies et ne pouvaient dériver des Opisthobranches à un seul osphradium (*Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken*, loc. cit., p. 364).

On ne peut songer, comme Perrier (*loc. cit.*, p. 136), à trouver l'origine des Pulmonés dans les Rhipidoglosses «Néritoïdes» : on sait, en effet, aujourd'hui que ces Rhipidoglosses ne sont pas des Orthoneuroïdes, mais des Streptoneures caractéristiques. On ne peut davantage rapprocher les Pulmonés de *Valvata* et *Ampullaria* (Haller, *Die Morphologie der Prosobranchier*, III [Morph. Jahrb., Bd XVIII, p. 538]); ce qui précède montre d'ailleurs, contrairement à l'opinion de Haller (*Die Anatomie von Siphonaria gigas Less.* [Arb. zool. Inst. Wien, t. X, p. 94, note 2]), que les Pulmonés ne sont pas « *plus voisins des* « *Prosobranches* » (ou Streptoneures) *que des Opisthobranches* ».

nienne explique comment, à l'inverse des Opisthobranches, les Pulmonés ont en général [1] l'oreillette en avant du ventricule, de même que *Actæon* (fig. 6).

C. *Classification phylogénétique des Euthyneures (= Opisthobranches + Pulmonés).*

Le tableau suivant résume les relations générales des Opisthobranches entre eux et avec les Pulmonés :



[1] Sauf dans ceux qui sont déformés, comme *Testacella*, etc.

2° Rapports des Opisthobranches (et des Euthyneures) avec les Streptoneures.

A. *Les Opisthobranches sont plus spécialisés que les Streptoneures.*

Les faits suivants montrent chez les Opisthobranches et chez tous les Euthyneures, une spécialisation plus grande que dans les Streptoneures :

a) La commissure viscérale, qui est tordue chez tous les Streptoneures, l'est encore dans *Actæon* (fig. 3), beaucoup moins dans quelques Bulléens (fig. 18, 20), plus du tout dans les autres Opisthobranches et les Pulmonés ; et, en second lieu, tout le système nerveux présente une tendance à la concentration (manifestée surtout dans la commissure viscérale) (voir plus loin, B, *a*, *γ*).

b) L'ouverture palléale largement ouverte des Streptoneures se retrouve dans les larves des Opisthobranches. Mais *Actæon* adulte a déjà son ouverture palléale tout entière sur le côté droit, encore largement ouverte cependant ; dans divers autres Bulléens, elle est beaucoup rétrécie et déplacée en arrière (le bord du manteau étant soudé à la nuque sur tout son tiers antérieur : *Scaphander*, fig. 16, *Bulla striata, B. hydatis*, fig. 22, l'anus accompagnant ce déplacement) ; elle l'est encore bien davantage dans les divers Pulmonés, où elle est postérieure et n'a plus guère un peu d'étendue que dans *Chilina* (fig. 210). — Il y a donc, chez tous les Euthyneures, *une tendance manifeste à déplacer l'ouverture palléale et l'anus, d'avant* (où ils sont chez la larve) *en arrière,* en passant par la droite.

c) La branchie et le cœur se déplacent dans le même sens, autour de l'extrémité aortique du ventricule (fig. 227) ; en effet :

α) La branchie et l'oreillette, antérieures au ventricule chez les Streptoneures [1], le sont encore dans *Actæon* (fig. 6) ; l'oreillette est aussi en avant du ventricule dans *Limacina* (*L. helicina, L. retroversa*), *Clio* (*Creseis*)

[1] A l'exception de quelques formes très spécialisées parmi les Firolidæ et les Calyptræidæ.

acicula et *virgula*. La branchie est aussi dirigée en avant, mais obliquement vers le côté droit, dans *Bulla striata;*

β) Mais la branchie est placée transversalement, vers la droite, chez *Scaphander* (fig. 19) et *Acera;* et l'oreillette est disposée transversalement, à droite du ventricule, chez ces mêmes *Scaphander* (fig. 19) et *Acera*, dans *Gastropteron, Bulla hydatis, Lobiger*, les Cymbuliidæ (sauf *Desmopterus*), *Clio subula* et *striata, Pleurobranchus aurantiacus*, etc.;

γ) Enfin, la branchie pointe en arrière dans *Gastropteron, Doridium* (où elle est même, de plus, orientée de droite à gauche, fig. 43 et 227), etc.; et l'oreillette est en arrière du ventricule dans presque tous les Opisthobranches (y compris les « Ptéropodes » thécosomes : *Desmopterus* [1], *Clio pyramidata, Cavolinia*).

d) La complication des organes génitaux. Les seuls Streptoneures hermaphrodites sont *Valvata* et les deux genres *Onchidiopsis* et *Marsenina*. Chez les Euthyneures, non seulement l'hermaphroditisme est général (et la comparaison avec les autres classes de Mollusques montre que dans cet embranchement l'hermaphroditisme n'est pas primitif [2]), mais il y a encore un grand nombre de glandes accessoires (albuminipare, muqueuse) et d'autres appareils (poche copulatrice ou receptaculum seminis, etc.), si peu développés en général, comme on sait, parmi les Streptoneures. Donc, à ce point de vue encore, il y a spécialisation des Euthyneures [3].

e) La tendance à la symétrie secondaire des formes extérieures; exemples : *Philine, Notarchus, Pleurobranchus*, Nudibranches, Pulmonés nus, etc.

f) La présence générale, dans les otocystes, d'otoconies, précédées dans le développement par un otolithe unique, caractéristique de la plupart des Streptoneures.

[1] Chun, *Bericht über eine nach den Canarischen Inseln im Winter 1887-88 ausgeführte Reise* (Sitzungsber. k. preuss. Akad. d. Wiss. Berlin, 1889, pl. III, fig. 13).

[2] Pelseneer, *Deux nouveaux Pélécypodes hermaphrodites* (Comptes rendus, t. CX, p. 1083). — Cette idée a été adoptée depuis par Lang (*Lehrbuch der vergleichenden Anatomie*, p. 815). Pour une démonstration plus complète du fait que l'état unisexué a précédé l'hermaphroditisme, voir mon travail *On hermaphroditism among Mollusca* (Quart. Journ. micr. sc., 1894).

[3] Et on ne pourrait songer à faire descendre les Gastropodes unisexués des Gastropodes hermaphrodites (Euthyneures), comme le veut Rouzaud (*Recherches sur le développement des organes génitaux de quelques Gastéropodes hermaphrodites*, Montpellier, 1885, p. 79).

B. *Affinités et origine des Euthyneures les plus archaïques.*

a) RELATIONS GÉNÉTIQUES DES STREPTONEURES ET DES EUTHYNEURES.

On a pu voir, dans ce qui précède, que *Actæon*, — c'est-à-dire le plus archaïque des Euthyneures, — est à bien des points de vue, de tous ces derniers, celui qui ressemble le plus aux Streptoneures (prosobranchialité, commissure viscérale tordue, pénis non rétractile, etc.) [1]. On s'explique ainsi l'opinion de von Jhering, émise à une époque où l'organisation de ce genre restait encore ignorée : « Il n'existe ni formes intermédiaires entre les » Cochlides (= Streptoneures) et les Ichnopodes (= Euthyneures), ni faits » anatomiques qui rendent une telle connexion probable [2] » !

D'après cet auteur, les Streptoneures et les Euthyneures seraient diphylétiques [3] et leurs organes ne seraient pas homologues [4]. Von Jhering pose même ce principe qu'il y a « impossibilité de conclure de l'identité d'organisation à l'identité d'origine [5] » !

Il est évident que l'adoption de ce principe rendrait illusoires et inutiles toutes les études phylogénétiques, qui sont nécessairement basées sur la morphologie, c'est-à-dire sur la recherche des organes identiques et correspondants : les investigations phylogénétiques seraient ainsi rendues impossibles, puisqu'on ne leur trouverait plus de base ou de point de départ.

Mais si l'on peut admettre que l'identité des conditions éthologiques est capable de produire une convergence de « types » différents, par identité relative dans l'aspect, dans la conformation extérieure et même dans la conformation particulière d'organes déterminés —, *d'ailleurs homologues* de part et d'autre (exemple : la radule chez *Lobiger* et *Elysia*), — on n'a pas de

[1] Les particularités de l'organisation de *Actæon*, ainsi que ses relations phylogénétiques, ont été reconnues indépendamment et presque simultanément par Bouvier et par moi (PELSENEER, *Report on the Pteropoda*, Anatomy, pl. I, fig. 6, pl. II, fig. 11, 1888. — BOUVIER, *Compte rendu sommaire Soc. Philomath. Paris*, 24 déc. 1892. — Et deux notes du même jour : BOUVIER, *Comptes rendus Acad. Paris*, 7 janvier 1893; PELSENEER, *Bull. Soc. Malacol. Belg.*, 7 janvier 1893).

[2] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes* (BULL. SCIENTIF. FRANCE ET BELGIQUE, t. XXIII, p. 287).

[3] VON JHERING, *loc. cit.*, p. 230.

[4] IDEM, *ibid.*, pp. 153, 187, 202, 227, 229, 231, etc.

[5] VON JHERING, *Zur Kenntniss der Sacoglossen*, loc. cit., p. 417.

preuve et l'on ne peut admettre, par conséquent, que ce soit vrai pour l'ensemble de l'organisation interne.

Cette idée que les organes des Euthyneures et des Streptoneures ne seraient pas homologues a déjà été combattue [1]; il y a cependant lieu d'examiner encore certains points spéciaux :

α) *Cavité palléale.* — Elle ne serait pas, chez les Euthyneures (« pleurome »), homologue à celle des Streptoneures (ou « trachélome »), d'après von Jhering, qui se base surtout : * sur la position de l'ouverture de cette cavité; ** sur celle de l'orifice génital. Or :

* On a vu ci-dessus (A, *b*, p. 118), le processus évolutif de l'ouverture palléale, antérieure chez les Streptoneures, puis latérale et même postérieure chez les Euthyneures;

** Pour ce qui est de l'ouverture génitale, elle serait *en dehors* de la cavité palléale et *sans connexion avec elle* dans les Euthyneures, alors que ce serait l'inverse chez les Streptoneures. Or, il y a, parmi les Streptoneures, des Hétéropodes testacés à cavité palléale réduite : *Cardiapoda* [2], qui présentent l'ouverture génitale *hors* de la cavité palléale et sans connexion avec elle, — tandis qu'il y a, d'autre part, parmi les Euthyneures, des Bulléens à grande cavité palléale : *Actæon* (fig. 9), *Scaphander* (fig. 16), certains *Bulla*, etc., qui ont l'orifice génital caché *dans* la chambre palléale, comme chez la grande majorité des Streptoneures. La disposition observée chez *Cardiapoda* et la grande majorité des Euthyneures est la conséquence du même phénomène : réduction de la cavité palléale, l'orifice génital restant fixe;

*** Enfin, il y a, au plafond de la chambre palléale des Bulléens, entre la branchie et le rectum, une glande muqueuse palléale qui, par sa situation et sa structure, correspond exactement à la glande hypobranchiale des Streptoneures (fig. 1, m; fig. 23).

β) *Branchie.* — Chez les Tectibranches (ou Euthyneures archaïques), elle serait, d'après von Jhering [3], entre le rein et le rectum, alors que dans

[1] Pelseneer, *La classification générale des Mollusques* (Bull. scient. France et Belgique, t. XXIV, pp. 356 et suiv.).

[2] Souleyet, *Zoologie du voyage de la* Bonite, t. II, Mollusques, pl. XVII, fig. 2, *o'* et XXII, fig. 15, *o'*.

[3] von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 236.

les Streptoneures le rein est entre la branchie et le rectum. Or, dans les Bulléens (Tectibranches auxquels il est fait allusion), si des feuillets branchiaux se sont étendus, pour accroître la surface respiratoire, entre le rein et le rectum (fig. 6), le rein n'en est pas moins, avec son orifice, entre le rectum et la veine branchiale (fig. 6, IX), comme dans les Streptoneures.

γ) *Centres nerveux.* — Pour von Jhering [1], les centres des Euthyneures et des Streptoneures ne sont pas comparables. Or, dans les plus archaïques des Euthyneures (Tectibranches Bulléens) se trouvent les mêmes centres que dans les Streptoneures, innervant les mêmes organes, comme l'avait déjà à peu près dit Spengel [2], et les différences observées ailleurs ne sont que relatives.

Les centres cérébraux des Euthyneures ont la même tendance générale à se rapprocher (exemple : *Acera*, fig. 29, etc.). Les ganglions pédieux, au contraire, sont fort séparés (sauf dans quelques cas comme : Thécosomes, Gymnosomes (fig. 78), *Ancula, Doto, Fiona* (fig. 143), Élysiens (fig. 167); mais le ganglion pédieux de droite innerve le pénis (*Actæon*, etc.) [3].

Les ganglions pleuraux des Euthyneures n'ont pas, il est vrai, de nerfs

[1] von Jhering, *loc. cit.*, pp. 153, 183, 202.

[2] Spengel, *Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken*, loc. cit., p. 361 : « Das Nervensystem der Tectibranchien im wesentlich identisch mit dem der Prosobranchien ist. »

[3] Dans diverses monographies d'Opisthobranches, il est indiqué que le pénis est innervé par un ganglion viscéral ou cérébral ; mais dans aucun travail, la question n'a été traitée à un point de vue général. Chez tous les Opisthobranches que j'ai étudiés spécialement à ce point de vue, j'ai trouvé le pénis innervé par le ganglion pédieux de droite, même dans des formes où d'autres auteurs indiquent une innervation cérébrale ou pleurale :

Actæon (fig. 3) ; *Acera* (fig. 29) ; *Aplysiella* (fig. 81) ; *Pleurobranchus* (fig. 83) ; *Pleurobranchæa* (fig. 90) ; *Tritonia* (fig. 100) ; *Polycera* (fig. 118) ; *Goniodoris* (fig. 122) ; *Chromodoris, Dendronotus, Scyllæa, Elysia.*

En outre, l'innervation pédieuse a encore été constatée chez divers Bulléens (Vayssière, *Recherches anatomiques sur les Mollusques de la famille des Bullidés*, pp. 67, 104, 106, 109 [Ann. d. sc. nat., 6e série, t. IX]) ; chez *Glaucus* (Vayssière, *Observations sur l'anatomie du Glaucus*, p. 12 [Ann. d. sc. nat., 6e série, t. I]) ; chez *Clione* (Wagner, *Die Wirbellosen des weissen Meeres*, pl. XII, fig. 1).

Chez les Pulmonés, toutefois, l'innervation est cérébrale (fig. 205, *Auricula*). La présence d'un nerf pénial sur un des connectifs unissant le centre pédieux au ganglion cérébropleural, chez *Actæon* (fig. 3), permet de supposer que le nerf du pénis s'est déplacé ainsi, par les connectifs, jusqu'au centre cérébral, chez les Pulmonés.

palléaux; mais, par suite du phénomène général de la réduction du manteau et de son déplacement en arrière, les nerfs palléaux se sont eux-mêmes déplacés en arrière le long de la commissure viscérale, en général jusqu'aux ganglions dits « intestinaux » [1], d'où on les voit sortir dans les Euthyneures dont le système nerveux n'est pas absolument concentré. Et pour ce qui concerne la présence de nerfs pleuraux dans *Acera* (fig. 29), les Aplysiens (fig. 81) et divers Pulmonés Stylommatophores (*Bulimus, Helix, Vaginula*), elle s'explique par l'allongement et l'importance que prend la région cervicale de ces animaux, ce qui amène une innervation spéciale par les centres les plus voisins : ganglions pleuraux.

Les éléments ganglionnaires de la commissure viscérale seraient, d'après von Jhering, développés secondairement chez les Opisthobranches [2] et non comparables à ceux des Streptoneures [3]. Or, le ganglion « infra-intestinal », s'il est plus ou moins réduit dans divers Opisthobranches (*Acera*, fig. 29, etc.) et disparu chez d'autres (fig. 18, 20), est conservé dans les Pulmonés (*Auricula*, fig. 205; *Chilina*, fig. 210; *Amphibola*, fig. 214). Les ganglions abdominal et supra-intestinal sont distincts et bien développés chez presque tous les Euthyneures : le premier [4] (confondu chez les Tectibranches avec le supra-intestinal des Streptoneures, par Bernard [5]) y innerve aussi les viscères et notamment les organes génitaux; le second, dans les Tectibranches et les Basommatophores (fig. 3, 18, 20, 205, 210), innerve l'osphradium, comme chez les Streptoneures.

[1] Dans *Actæon*, on les voit encore sortir *de la commissure viscérale*, entre les ganglions pleuraux et les « intestinaux » (fig. 3, VI et XV).

[2] von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 196.

[3] Idem, *ibid.*, p. 202.

[4] Double dans *Acera* (fig. 29); triple dans *Bulla* (fig. 20), *Scaphander* (fig. 18). Il n'y a pas d'Euthyneure ayant plus de trois ganglions viscéraux : *Bulimus decollatus* chez lequel von Jhering en représente quatre (*Vergleichende Anatomie des Nervensystemes und Phylogenie der Mollusken*, pl. V, fig. 18), n'en possède que trois (fig. 225), ainsi que l'avaient déjà constaté Simroth (*Ueber das Nervensystem und die Bewegung der deutschen Binnenschnecken* [Progr. d. Realschule II Ordn. zu Leipzig, 1882, p. 8]) et Amaudrut (*Sur le système nerveux de quelques Mollusques Pulmonés* [Bull. Soc. philomat. Paris, 27 mars 1886, p. 23 du tiré à part]).

[5] Bernard, *Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes Prosobranches*, loc. cit., p. 261.

La seule différence essentielle dans le système nerveux des Euthyneures et des Streptoneures réside dans :

* La détorsion de la commissure viscérale des premiers;

** La tendance qui existe chez eux au raccourcissement de cette commissure et à la concentration de ses éléments ganglionnaires.

Cette commissure est allongée seulement dans les plus archaïques des Tectibranches et des Pulmonés (Bulléens, sauf *Lobiger* et les Thécosomes, *Aplysia, Auricula, Chilina*). Et dans les Opisthobranches, — à part les Bulléens typiques ou Tectibranches archaïques, — l'attraction des centres se manifeste en général par l'accolement des ganglions abdominal et supra-intestinal (exemple : Aplysiens, où, à part l'asymétrie, la commissure viscérale est pareille à celle d'un Lamellibranche); la même chose existe dans divers Pulmonés spécialisés, Basommatophores ou Stylommatophores (*Helix, Omalonyx*, fig. 226, etc.). Ces deux ganglions peuvent même être fusionnés en un centre « génito-branchial » dans les Pleurobranchidæ (fig. 83, IV; 90, VI); ce ganglion unique de la commissure viscérale est alors réduit (par disparition de la branchie qu'il innervait chez les Pleurobranchidæ) dans divers Nudibranches : *Tritonia* (fig. 100), *Tethys* (fig. 111), Polyceratidæ (fig. 118, 122), *Glaucus*, etc., et n'est plus alors que le ganglion abdominal, « génital » proprement dit (et non « génital secondaire », sur le trajet du nerf génital : fig. 88, VIII); puis il disparaît dans la plupart des Nudibranches et la commissure viscérale est alors nue (dépourvue de ganglions) et donnant un nerf viscéral asymétrique, à droite [1], ce qui représente la concentration maximum, prise par von Jhering [2] pour la disposition primitive.

La conclusion de ce qui précède, c'est que les organes des Euthyneures et des Streptoneures sont homologues et que de « l'identité d'organisation » on peut déduire « l'identité d'origine » (c'est-à-dire l'existence de relations génétiques entre les deux groupes).

[1] Il n'y a pas deux nerfs viscéraux symétriques, comme cela a été représenté chez plusieurs Nudibranches (voir première partie : *Polycera, Eolis*, etc.).

[2] VON JHERING, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., pp. 195, 196, 226.

b) ORIGINE DES EUTHYNEURES.

Comme il a été montré plus haut :

1° Que *Actæon* est le plus archaïque ou la forme-souche des Euthyneures et qu'il présente des affinités pour les Streptoneures, notamment par la commissure viscérale croisée, la prosobranchialité, le pénis non invaginable ;

2° Que les Euthyneures sont plus spécialisés que les Streptoneures, il reste à voir maintenant pour quel groupe de Streptoneures *Actæon* a le plus d'affinités, c'est-à-dire où il trouve sa propre origine et celle des Euthyneures, ses descendants.

De même que les Pulmonés se sont détachés de Tectibranches encore archaïques (voir plus haut, 2, 1°, B et C), de même les Tectibranches sont également issus de Streptoneures encore peu spécialisés : les Rhipidoglosses Trochoïdes.

Je ne me dissimule évidemment pas que *Actæon* et les Trochoïdes présentent plusieurs différences d'organisation; mais des différences non moins grandes existent des Rhipidoglosses Trochoïdes aux autres Streptoneures, et de *Actæon* aux autres Opisthobranches. Et si, ce qui est évident aussi, *Actæon* ne dérive pas d'un Rhipidoglosse Trochoïde aujourd'hui vivant, au moins les Trochoïdes sont-ils, dans la nature actuelle, les formes les plus voisines de la souche dont sont nés *Actæon* et le reste des Euthyneures.

Les affinités de *Actæon* et des Bulléens archaïques pour les Trochoïdes sont montrées par :

α) L'opercule spiralé à spire sénestre;

β) La branchie bipectinée, à extrémité distale libre et dirigée en avant;

γ) Les ganglions cérébraux écartés et le collier œsophagien situé en avant du bulbe buccal;

δ) Les ganglions stomato-gastriques écartés et situés immédiatement en arrière du bulbe;

ε) Les otocystes à otoconies ;

ζ) L'osphradium constitué d'un épaississement épithélial au-dessus du ganglion « branchial » [1].

[1] BERNARD, *Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes Prosobranches*, loc. cit., p. 253.

3. CONCLUSIONS.

Pour ce qui concerne les relations mutuelles des Euthyneures, je renvoie au tableau qui les résume : 2, 1° C (p. 117).

Quant aux rapports des Euthyneures avec le restant des Gastropodes, ce qui précède montre que, contrairement à l'opinion de von Jhering, il y a des relations génétiques entre les Gastropodes Euthyneures et Streptoneures.

Les Euthyneures ne sont pas, comme on l'a cru généralement [1], les plus archaïques. Ils sont, au contraire, comme on l'a vu plus haut (2, 2° A, p. 118), plus spécialisés; et la différence essentielle entre les deux groupes Streptoneures et Euthyneures (torsion et non torsion respectives de la commissure viscérale) s'explique par le fait qu'après avoir été soumis à la même torsion que les Streptoneures, les Euthyneures ont subi une *détorsion en sens contraire* [2].

Il est donc nécessaire, avant de montrer l'existence de cette détorsion, de rappeler comment se constituent la torsion et l'asymétrie caractéristique des Gastropodes [3].

[1] Gegenbaur, *Manuel d'anatomie comparée*, trad. franç., p. 443 : « Les Opisthobranches... moins différenciés que les Prosobranches. » — Spengel, *Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken*, loc. cit., p. 362. — Lankester, *Mollusca*, loc. cit., p. 108 : « Archieuthyneura ». — Bütschli, *Bemerkungen über die warscheinlich Herleitung der Asymmetrie der Gastropoden* (Morph. Jahrb., Bd XII, p. 211). — Lang, *Versuch einer Erklärung der Asymmetrie der Gastropoden* (Vierteljahrsschr. naturforsch. Gesellsch. Zürich, 1891, passim. — Bouvier et Fischer, *Recherches et considérations sur l'asymétrie des Mollusques univalves* (Journ. d. conchyl., t. XXXII, p. 203). — L'idée que les Opisthobranches (et tous les Euthyneures) sont nés de la souche Streptoneurienne (ou Prosobranches) se trouve déjà exprimée en 1892, dans mon article : *La classification phylogénétique des Mollusques* (Bull. scient. France et Belgique, t. XXIV, p. 366).

[2] Bouvier qui, dans le travail qui vient d'être cité (1892), considérait encore les Opisthobranches comme un stade d'évolution *moins avancé* que les « Prosobranches », est arrivé depuis, par l'étude des Opisthobranches, au même résultat que celui obtenu dans le présent mémoire, déjà alors presque entièrement rédigé (Bouvier, *Sur la distorsion des Gastéropodes hermaphrodites* (Compte rendu sommaire de la Soc. philom. Paris, 14 janvier 1893). — Le mot « détorsion », que j'avais choisi depuis longtemps, rend mieux compte du phénomène que celui de « distorsion », — synonyme de torsion —, adopté par Bouvier. Dans un article paru pendant la correction des épreuves, Grobben (*Zur Kenntniss der Morphologie, der Verwandtschaftsverhältnisse und des Systems der Mollusken* [Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien. Math.-Naturw. Classe, Bd CIII, Abth. 1, p. 79, 1894]) arrive aussi à cette idée de la détorsion des Opisthobranches, dont tous les faits montrent la réalité.

[3] *Bibliographie :* Spengel, Bütschli, Lang, Bouvier et Fischer, cités dans l'avant-dernière

1° Torsion.

A. *Torsion ventrale embryonnaire et enroulement simultané du sac viscéral.* — Si complexe que soit, par ses différentes phases, le processus suivant lequel sont produites la torsion et l'asymétrie des Gastropodes, il ne s'en rapporte pas moins, en dernière analyse, à un phénomène morphologique général dans l'embranchement des Mollusques : la torsion *ventrale* dans un plan antéro-postérieur, tendant à rapprocher les deux extrémités du tube digestif [1], torsion manifeste dans les Céphalopodes, les Scaphopodes et divers Lamellibranches [2].

Le développement ontogénique montre que ce phénomène se produit, chez les Gastropodes, avant tout autre qui altère leur conformation primitive : on y voit la cavité palléale et l'anus, originairement postérieurs, ramenés en avant, *ventralement* [3].

note. Spengel a ouvert la voie par sa tentative d'explication générale qui, perfectionnée par Bütschli, a été acceptée dans son ensemble par Lang et Bouvier.

Je n'entrerai pas ici dans la discussion des interprétations, toutes plus ou moins voisines, des auteurs précités; je ferai simplement remarquer qu'aucune d'elles (même celle de Bütschli) n'a tenu un compte suffisant de certains faits du développement; en effet :

1° Il n'y a pas concordance complète entre les processus qu'ils font intervenir (torsion dans un plan sagittal, par le dos : Spengel; torsion dans un plan horizontal, par la « gouttière palléale » : Bütschli) et les faits du développement;

2° Leur point de départ commun est une forme organisée (à part la torsion) comme un adulte, alors que l'embryon, quand la torsion commence, est autrement conformé;

3° Aux diverses explications mécaniques proposées (basées sur l'inclinaison du sac viscéral et de sa coquille), s'oppose le fait que la torsion est déjà commencée dans le développement, alors que ces organes sont encore très peu développés et saillants.

1 Une preuve frappante de cette tendance se trouve chez les Nudibranches où, dans le développement, l'anus, antérieur par suite de la torsion gastropodienne, redevient et reste postérieur (plus ou moins) par détorsion chez les adultes des formes les moins spécialisées, tandis que dans les plus spécialisées, il redevient *une deuxième fois* antérieur (*Elysia*).

2 Les Amphineures seuls n'ont pas subi cette torsion, ce qui confirme l'opinion que ces animaux représentent la forme la plus primitive des Mollusques. — Cette tendance au rapprochement de la bouche et de l'anus, par une torsion ventrale, n'est pas spéciale aux Mollusques (ainsi que je l'ai déjà indiqué ailleurs : *Contribution à l'étude de Lamellibranches* [Arch. d. biol., t. XI, p. 232]) : on l'observe dans les Crabes, les Bryozoaires et les Géphyriens inermes (Prosopyges); divers Échinodermes : *Clypeaster*, *Rhopalodina*, etc.

3 Exemples : *Natica* (Bobretzky, *Studien über die embryonale Entwickelung der Gastro-*

Un second phénomène, qui se produit en même temps que cette torsion, est l'enroulement du sac viscéral dans un plan médian. Cette masse viscérale (et le manteau avec la coquille qui la recouvre), primitivement en forme d'écuelle, a pris celle d'un cône plus ou moins surbaissé, par suite de la torsion ventrale ci-dessus, qui rapproche les deux extrémités. Cet enroulement du sac viscéral et de la coquille est dirigé en avant ou « exogastrique » [1] : la preuve s'en trouve dans le développement de *Patella* [2] et de *Fissurella* [3], où s'observe l'enroulement dorsal, ou en avant, de la coquille. Et cela concorde avec le sens de l'enroulement chez un autre Mollusque à coquille enroulée, sans torsion latérale : *Nautilus,* où l'on voit, en effet, qu'il est aussi exogastrique.

B. *Torsion latérale et asymétrie résultante.* — Mais dans les Gastropodes adultes, cet enroulement dorsal du sac viscéral et de la coquille est devenu *secondairement* ventral ou endogastrique, par suite d'une torsion secondaire latérale, — subsidiaire à la ventrale (qui tendait à rapprocher les deux extrémités du tube digestif).

En effet, le développement du pied en longueur fait ultérieurement obstacle à ce rapprochement, puisqu'il tend à écarter de nouveau, de la tête, la chambre palléale (avec ses orifices anal et rénaux, et les organes respiratoires), au détriment de la sécurité de l'animal. Le rapprochement doit donc forcément se faire alors par le côté, c'est-à-dire par une torsion latérale (dans un plan à peu près perpendiculaire à celui de la première). Cette torsion latérale s'observe dans le développement : on voit (chez les espèces dextres) l'ouverture palléale passer de la face postéro-ventrale au côté latéral

poden [Arch. f. mikr. Anat., Bd XIII, pl. X, fig. 49 *B*]); *Vermetus* (Salensky, *Études sur le développement du Vermet* [Arch. d. biol., t. VI, pl. XXVI, fig. *B'*]); *Patella* (Patten, *The Embryology of Patella* [Arb. zool. Inst. Wien., Bd VI, pl. IV, fig. 48, pl. V, fig. 58]); *Fissurella* (Boutan, *Recherches sur l'anatomie et le développement de la Fissurelle* [Arch. d. zool. expér., 2e série, t. III bis, pl. XXXIX, fig. 1]); *Paludina* (Erlanger, *Zur Entwickelung von Paludina vivipara* [Morph. Jahrb., Bd XVII, pl. XXI, fig. 1, 2, 3]); *Planorbis* (Fol, *Sur le développement des Gastéropodes pulmonés* [Arch. d. zool. expér., 1re série, t. VIII, pl. IX, X, fig. 16]), etc.

1 Contrairement à l'opinion de Lang, *loc. cit.*, p. 26.

2 Patten, *loc. cit.*, fig. 58.

3 Boutan, *loc. cit.*, pl. XXXIX, fig. 15.

droit, puis à la face antérieure [1]; donc, si l'animal a la bouche tournée vers l'observateur, cette torsion suit le mouvement des aiguilles d'une montre.

Différentes particularités bien connues de l'organisation des Gastropodes sont la conséquence de cette torsion :

a) Transport de l'anus en avant et au dos;

b) Déplacement (chassé-croisé) des organes circumanaux (ceux qui étaient à droite avant la torsion, se trouvent amenés à gauche, et vice versa);

c) Torsion de la commissure viscérale, qui, tout en restant à l'entour du tube digestif, voit son ganglion « viscéral antérieur droit » passer dorsalement au tube digestif, vers le côté gauche (= ganglion supra-intestinal), tandis qu'inversement le ganglion « viscéral antérieur gauche » passe en dessous, vers le côté droit (= ganglion infra-intestinal);

d) Enroulement endogastrique du sac viscéral avec la coquille qui le renferme : ces parties exécutent en effet une rotation de 180°; or, la coquille étant d'abord à enroulement dorsal (voir plus haut), son enroulement devient nécessairement ventral [2].

2° Enroulement spiral du sac viscéral et rapport du sens de cet enroulement avec le sens de la torsion.

La rotation de la coquille (par la torsion latérale) se faisant insensiblement, en même temps que sa croissance, le sommet dépasse nécessairement, dans ce mouvement de déplacement, les parties voisines de l'ouverture palléale et coquillière, et celle-ci devient de plus en plus oblique par rapport au plan de l'enroulement primitif. Par suite, l'enroulement se fait suivant une spirale hélicoïde et le sommet fait saillie au côté originairement gauche, — c'est-à-dire finalement et topographiquement droit chez l'adulte, — phénomène favorable à la diminution du diamètre de la coquille.

L'enroulement spiral *asymétrique* est donc une conséquence de la torsion et non la cause de celle-ci.

Dans les formes à torsion dextre, l'enroulement spiral du sac viscéral (et de la coquille) est *également dextre* (c'est-à-dire à sommet ou spire faisant saillie au côté droit de l'animal). Le *sens* de cet enroulement est ainsi une

[1] Exemple : *Vermetus* (Salensky, *loc. cit.*, pl. XXVI, *F'*, *G'*).

[2] Voir, par exemple, un *Planorbis* ou *Atlanta*.

conséquence de la torsion, bien que l'enroulement dans un plan, plus ancien, soit indépendant de cette dernière et de l'asymétrie qui, elle, résulte de celle-là (voir ci-après). Cependant, le sens apparent de l'enroulement spiral peut changer par « hyperstrophie »[1].

3° Asymétrie et origine néphridienne du conduit génital.

L'asymétrie est en rapport, dans son sens (sauf les cas d'hyperstrophie), avec le sens de l'enroulement et de la torsion. L'anus ne reste pas au milieu de la cavité palléale et se trouve porté plus à droite; les organes qui existent dans la moitié topographiquement droite (originairement gauche) s'atrophient (*Haliotis*) et disparaissent. Car l'asymétrie des Gastropodes a pour caractère essentiel la disparition de la moitié gauche (topographiquement droite) du complexe circumanal : branchie, osphradie, glande hypobranchiale, rein.

Il n'y a, en effet, du côté topographiquement droit de l'anus, que l'orifice génital, ce qui semble en contradiction avec la disparition susmentionnée de la moitié du complexe anal. Mais l'orifice génital ne peut être compris dans ce dernier, car ce n'est pas un organe existant *originairement*. Primitivement, en effet, les glandes génitales s'ouvraient dans les reins; mais aussitôt que l'asymétrie commence, — alors qu'il reste cependant encore deux reins, — les produits génitaux ne débouchent plus que dans le rein topographiquement droit : *Patella*, *Haliotis*, *Fissurella*. Par suite, ce rein *ne peut disparaître* et persiste sous forme de conduit génital. Ce dernier, dans les Gastropodes, est donc le reste du rein topographiquement droit. Car :

[1] Voir pour l'explication de ce mot : von Jhering, *Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes*, loc. cit., p. 181 ; ou Pelseneer, *Sur la dextrorsité de certains Gastropodes dits « sénestres »* (Comptes rendus, t. CXII, p. 1015). — Pour Bouvier, qui a trop vite généralisé d'après l'exemple des Ampullaires sénestres (*Système nerveux, morphologie générale et classification des Gastéropodes Prosobranches*, p. 442 [Ann. d. sc. nat., 7e série, t. III]), il n'y a pas de relation entre le sens de l'enroulement et celui de l'asymétrie ; toutefois, dans une note plus récente (Journ. d. Conchyl., t. XXXII, p. 242), il reconnaît déjà « qu'il y a *le plus souvent* un rapport direct entre le sens de l'asymétrie interne et le sens d'enroulement du sac viscéral et de la coquille », rapport direct dont j'avais précédemment cherché à montrer la constance (Pelseneer, *A propos de l'« Asymétrie des Mollusques univalves »* [Journ. de conchyl., 1892, pp. 229-233]), et dont Grobben vient aussi d'admettre l'existence (Sitzungsber. Akad. Wiss. Wien., Bd CIII, 1894, p. 84).

a) Tous les Gastropodes binéphridiés ont un orifice rénal de chaque côté de l'anus [1] (fig. 223); mais ils n'ont pas d'orifice génital, ce qui rend l'accouplement impossible : les produits sexuels tombent dans le rein droit [2]. Ce dernier, chez *Haliotis* et *Trochus,* quoique fort grand (fig. 223), ne communique déjà plus avec le péricarde [3], perdant ainsi son caractère de néphridie;

b) Tous les Gastropodes pourvus d'un orifice génital propre l'ont *à droite de l'anus* et n'ont plus qu'un seul rein, dont l'orifice est *à gauche* de ce dernier [4]. Ce rein unique correspond au rein topographiquement *gauche* de *Patella* (contrairement à l'opinion de Perrier), ainsi que l'ont soutenu Lankester et Erlanger ; la preuve embryologique se trouvant dans le fait que le rein persistant de *Paludina* est originairement droit (topographiquement gauche), tandis que le rein originairement gauche s'atrophie comme rein et que son conduit donne naissance au conduit génital [5].

Le conduit génital des Gastropodes est donc un « nephrogonaduct » (pour employer la terminologie de Lankester), comme aussi, vraisemblablement, ceux de tous les Mollusques [6].

[1] Le gauche a été pris pour l'ouverture génitale par Cuvier, Quoy et Gaimard, Souleyet (*Zoologie du voyage de la* Bonite, Mollusques, pl. XXXVIII, fig. 1 *u*), Bouvier (*Système nerveux, morphologie générale et classification des Gastéropodes Prosobranches,* loc. cit., pl. I, fig. 2 *g*), et le droit, pour cette ouverture génitale également, par Haller (*Beiträge zur Kenntniss der Niere der Prosobranchier* [Morph. Jahrb., Bd XI, pl. I, fig. 7, 10, *go''*]).

[2] von Jhering (*Giebt es Orthoneuren?* loc. cit., p. 510) indique un orifice génital chez *Trochus,* au fond de la cavité palléale, et un rudiment de gouttière génitale chez *T. magus.* Ailleurs (*Sur les relations naturelles des Cochlides et des Ichnopodes,* loc. cit., p. 172), il dit que « chez les Trochidæ la séparation de l'orifice du rein et de celui de l'appareil génital est complète ». — Ce point était resté relativement douteux : Lang, *Lehrbuch der vergleichenden Anatomie,* p. 816 ; Erlanger, *On the paired Nephridia of Prosobranchs* (Quart. Journ. micr. sc., vol. XXXIII, pp. 9, 19 et 34 du tiré à part). Mes observations répétées sur diverses espèces (dont *T. magus*), montrent qu'il n'en est pas ainsi (voir fig. 222 et 224).

[3] Perrier, *Recherches sur l'anatomie et l'histologie du rein des Gastéropodes,* loc. cit., p. 279. — Erlanger, *On the paired Nephridia of Prosobranchs,* p. 18 du tiré à part, loc. cit.

[4] L'anomalie apparente de *Valvata* et *Paludina* (où l'orifice rénal est à droite de l'anus, entre lui et l'orifice génital) est due à la présence d'un long uretère : le rein lui-même est à gauche de l'intestin, comme dans tous les Gastéropodes mononéphridiés.

[5] Contrairement à l'opinion de Perrier, pour lequel le rein de l'adulte mononéphridié résulte de la fusion des *deux* reins des binéphridiés.

[6] Pour les Céphalopodes également (voir Pelseneer, *La classification générale des Mollusques,* loc. cit., p. 352).

4° Détorsion des Euthyneures.

La torsion qui s'effectue durant le développement des Streptoneures, se manifeste aussi pendant le commencement de la vie embryonnaire des Euthyneures [1]; mais pendant la fin de celle-ci, cette torsion est atténuée (et en grande partie détruite) par un mouvement en sens contraire que je qualifierai de « détorsion » : l'animal étant vu *dorsalement*, la tête en avant, le sens de ce mouvement sera celui des aiguilles d'une montre (et évidemment rétrograde, si l'animal est regardé ventralement).

C'est par cette détorsion que se produisent les différences de conformation qui s'observent, d'un groupe à l'autre, dans le système nerveux, la situation de l'ouverture palléale, de la branchie, etc.

A. *Système nerveux.* — Dans le plus archaïque des Euthyneures (*Actæon*, fig. 7), le système nerveux manifeste encore la torsion de la commissure viscérale chez l'adulte. Dans les autres Bulléens, déjà plus spécialisés, la torsion de la commissure viscérale est beaucoup plus faible, et on peut dire qu'elle est nulle chez les autres Euthyneures. L'anatomie comparée montre ainsi les stades d'évolution régressive que produit ce mouvement de droite à gauche en passant par devant : l'extension de la branche supra-intestinale plus à droite et en bas (et de l'infra-intestinale à gauche et en haut) a pour résultat une « orthoneurie » effective (non pas originelle, mais secondaire), caractéristique des Euthyneures [2]. Dans divers cas d'orthoneurie complète, on voit toutefois encore un reste de la torsion primitive dans la position plus élevée du ganglion « supra-intestinal » chez l'adulte : *Acera*, *Chilina* et

[1] C'est en considérant les Euthyneures comme un stade moins avancé de l'évolution des Gastropodes, que l'on s'est heurté à cette difficulté : que chez eux, — où la torsion apparente est *moindre*, — l'asymétrie est néanmoins plus grande (par disparition de *toute* une moitié du complexe circumanal) que dans divers Streptoneures (les Rhipidoglosses à deux branchies et à deux reins), où la torsion est *plus grande*, et qu'on a dû, pour la tourner, donner à l'asymétrie des Opisthobranches une explication *différente* de la *même* asymétrie que chez les « Prosobranches » (Bouvier et Fischer, *Recherches et considérations sur l'asymétrie des Mollusques univalves*, loc. cit., pp. 177, 178).

[2] A l'exception de *Actæon*. — Cette exception ne justifierait pas, à mon avis, l'abandon du nom Euthyneura; car il est probable que pour un nouveau nom, basé sur un autre caractère, il y aurait également des exceptions.

même des Pulmonés à commissure viscérale courte (*Omalonyx*, fig. 226), ainsi que dans le développement [1] des Pulmonés.

Mais cette détorsion n'est pas spéciale à la commissure viscérale; elle affecte les divers ordres d'organes suivants :

B. *Ouverture palléale* (avec l'anus, etc.). — Antérieure et dorsale dans les larves (exemples : *Philine, Cymbulia, Eolis*, etc.), elle est toujours, chez l'adulte, à droite de la ligne médiane, s'étendant en avant jusqu'à cette ligne dans *Actæon* (fig. 9), moins loin en avant dans *Scaphander* (fig. 16), et se transportant de plus en plus en arrière dans les autres Euthyneures.

L'anus, antérieur dans les larves, se déplace en arrière chez l'adulte, de plus en plus à mesure qu'on s'éloigne de la forme-souche (*Actæon*, fig. 9; *Scaphander*, fig. 19; *Pelta*, fig. 59, etc.).

C. *Branchie* (*et oreillette*). — Comme on l'a vu plus haut (2°, A, *c*, p. 118), elle est en avant chez *Actæon* seulement, mais de plus en plus en arrière (fig. 227) dans les formes dérivées (tous les Euthyneures branchiés; exemples : *Scaphander*, fig. 19; *Doridium*, fig. 43; *Pleurobranchæa*, fig. 99, etc.).

On ne peut pas dire que les Euthyneures n'ont pas subi la torsion, puisque l'asymétrie résultant de la torsion des Streptoneures est conservée malgré :

1° La symétrie externe apparente acquise secondairement dans bien des cas suffisamment connus (exemple : *Elysia*, fig. 166);

2° Le retour de la branchie et de l'anus en arrière [2].

La détorsion maximum peut faire revenir la cavité palléale en arrière et ventralement (donc dans la position morphologique primitive), par raccourcissement secondaire du pied (exemple : *Philine*, fig. 33), surtout dans les formes nageuses, où le pied s'étend en largeur et est très réduit en longueur : « Ptéropodes » Thécosomes non enroulés, où la détorsion est complète, c'est-à-dire égale et contraire à la torsion originelle.

[1] Henchman, *The origin and development of the central nervous system in Limax maximus*, loc. cit., pp. 181, 183.

[2] Un cas analogue s'observe dans les Hétéropodes nus, parmi les Streptoneures, où la détorsion produit aussi l'opisthobranchialité des *Pterotrachea* (= *Firola*).

Boas [1] et moi [2] avons en effet montré que le corps des « Ptéropodes » Thécosomes droits a subi une torsion spéciale autour de l'axe longitudinal : la partie antérieure supposée fixe, la partie postérieure a exécuté une rotation de 180° du dos au ventre, en passant à droite, ce qui amène ventralement la cavité palléale, et au côté gauche, l'anus [3]; le résultat est l'enroulement du conduit génital autour de l'œsophage (preuve de la formation du conduit génital après la première torsion [4]).

Or, cette torsion de 180° est précisément égale et contraire à la torsion des Gastropodes (du ventre au dos, en passant par la droite) : la détorsion maximum des Euthyneures reconstitue donc ainsi (*extérieurement*) la disposition primitive.

4. RÉSUMÉ.

1° Les divers Tectibranches (y compris les Thécosomes et les Gymnosomes) dérivent des Bulléens, dont *Actæon* est le plus archaïque ;

2° Les Nudibranches dérivent des Tritoniidæ, et ceux-ci eux-mêmes proviennent de Tectibranches voisins de *Pleurobranchæa ;*

3° Les Pulmonés Stylommatophores dérivent des Auriculidæ, qui sont les plus archaïques des Basommatophores; et ceux-ci proviennent de Tectibranches Bulléens, voisins de *Actæon ;*

4° Les Gastropodes ne sont pas diphylétiques. Les Euthyneures (= Opisthobranches + Pulmonés) ont des relations génétiques avec les Streptoneures; les Tectibranches archaïques (Bulléens et spécialement *Actæon*) proviennent de Streptoneures dont les Rhipidoglosses Trochoïdes sont les formes les plus voisines parmi les Mollusques actuels;

5° La torsion caractéristique des Streptoneures est atténuée chez les Euthyneures par une détorsion (torsion en sens inverse) dont l'importance croît avec la spécialisation.

[1] Boas, *Spolia Atlantica* (K. dansk. Vidensk. Selsk. Skriv., 6e série, Bd IV, p. 184).

[2] Pelseneer, *Report on the Pteropoda* (Anatomy), loc. cit., p. 30.

[3] Ils ne sont pas sénestres pour cela; en effet, l'orifice génital (céphalique) est resté à droite, et l'osphradium est innervé par le ganglion supra-intestinal.

[4] En effet, s'il s'était formé avant, la première torsion en aurait causé un demi-enroulement, mais la détorsion ultérieure aurait amené un déroulement complet.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE I.

Actæon tornatilis.

Fig. 1. — L'animal vu du côté droit, × 5. i, lobe palléal inférieur; ii, glande palléale spiralée; iii, glande hypobranchiale; iv, ouverture palléale; v, œil et bouclier céphalique; vi, pénis.

Fig. 2. — Coupe sagittale du ganglion cérébro-pleural, × 240. i, enveloppe conjonctive; ii, ganglion cérébral; iii, ganglion pleural.

Fig. 3. — Système nerveux d'un animal mort en extension, vu dorsalement, × 20. i, ganglion cérébro-pleural; ii, œil; iii, connectif cérébro-pédieux; iv, nerf du connectif pleuro-pédieux; v, nerf pénial; vi, ganglion « palléal » accessoire droit; vii, ganglion stomato-gastrique; viii, ganglion supra-intestinal; ix, ganglion infra-intestinal; x, branche infra-intestinale de la commissure viscérale; xi, ganglion abdominal; xii, nerf génital; xiii, branche supra-intestinale de la commissure viscérale; xiv, ganglion osphradial; xv, ganglion « palléal » accessoire gauche; xvi, commissure parapédieuse; xvii, otocyste; xviii, ganglion pédieux; xix, connectif pleuro-pédieux.

Fig. 4. — L'animal vu ventralement, × 2 $^{1}/_{2}$. i, lobe palléal inférieur; ii, bord du bouclier céphalique; iii, glande palléale spiralée, coupée.

Fig. 5. — Coupe transversale de la glande palléale spiralée, × 120.

Fig. 6. — Animal vu de dos, un peu obliquement du côté gauche, × 7. i, rein; ii, branchie; iii, estomac; iv, v, glande palléale spiralée; vi, ventricule du cœur; vii, glande sanguine; viii, péricarde; ix, veine branchiale.

Fig. 7. — Système nerveux, en place, d'un animal contracté, vu de dos, × 7. i, glande buccale; ii, bulbe buccal; iii, ganglion cérébro-pleural; iv, branche infra-intestinale de la commissure viscérale; v, ganglion infra-intestinal; vi, glande salivaire; vii, ganglion abdominal; viii, œsophage; ix, branche supra-intestinale de la commissure viscérale; x, ganglion supra-intestinal.

PLANCHE II.

Actœon tornatilis.

Fig. 8. — Coupe transversale des glandes buccales et du bulbe, × 36. i, follicules de la glande buccale ; ii, conduit central ; iii, cavité buccale.

Fig. 9. — L'animal vu de dos, la cavité palléale ouverte et le manteau rabattu à gauche, × 3. i, point où commence l'ouverture palléale ; ii, bouclier céphalique ; iii, pénis ; iv, orifice femelle ; v, lobe palléal inférieur ; vi, anus ; vii, glande spiralée ; viii, glandes génitales accessoires (à leur extrémité antérieure, l'ouverture femelle) ; ix, orifice extérieur du rein ; x, masse buccale.

Fig. 10. — Coupe transversale de la glande salivaire, × 120. i, partie initiale ; ii, partie conductrice.

Fig. 11. — Tube digestif, vu de dos, × 8. i, ouverture buccale ; ii, portion initiale de la glande salivaire ; iii, anus ; iv, estomac ; v, œsophage ; vi, portion conductrice de la glande salivaire ; vii, bulbe buccal ; viii, glande buccale.

Fig. 12. — Coupe d'une portion de la glande sanguine, × 64. i, tronc de l'aorte ; ii, lobe de la glande.

Fig. 13. — Organes génitaux vus de dos, × 10. i, spermiducte ; ii, pénis ; iii, orifice femelle ; iv, glandes femelles accessoires ; v, conduit hermaphrodite ; vi, glande hermaphrodite ; vii, receptaculum seminis ; viii, rétracteur du pénis.

Fig. 14. — Coupe d'une région de la glande hermaphrodite, × 240. i, acinus mâle ; ii, acinus femelle.

Fig. 15. — Portion d'une coupe longitudinale du rein, × 25. i, cavité du rein ; ii, orifice extérieur.

PLANCHE III.

Fig. 16. — *Scaphander lignarius*, vu ventralement, × 3. i, bouche ; ii, pied ; iii, intestin ; iv, glande palléale spiralée ; v, lobe palléal inférieur ; vi, bord du manteau ; vii, ouverture palléale, avec la branchie.

Fig. 17. — *Scaphander lignarius*, coupe transversale de la glande palléale spiralée, × 80.

Fig. 18. — *Scaphander lignarius*, système nerveux en place, × 4. i, œil ; ii, ganglion cérébral ; iii, ganglion pleural ; iv, bulbe buccal ; v, branche supra-intestinale de la commissure viscérale ; vi, ganglion osphradial ; vii, ganglion supra-intestinal ; viii, ganglion abdominal ; ix, anus ; x, glande palléale spiralée ; xi, gésier ; xii, branche infra-intestinale de la commissure viscérale ; xiii, ganglion pédieux.

Fig. 19. — *Scaphander lignarius*, vu dorsalement, × 2 ½. I, place de l'œil (invisible du dehors); II, bouclier céphalique; III, parapodie; IV, gésier; V, orifice hermaphrodite; VI, branchie; VII, anus; VIII, glande palléale spiralée; IX, rein; X, glandes femelles accessoires; XI, cœur dans son péricarde; XII, receptaculum seminis.

Fig. 20. — *Bulla striata*, système nerveux en place, vu dorsalement, × 4. I, ganglion cérébral; II, bulbe buccal; III, ganglion stomato-gastrique; IV, poche œsophagienne dorsale; V, ganglion osphradial; VI, ganglion supra-intestinal; VII, ganglion abdominal; VIII, gésier; IX, branche infra-intestinale de la commissure viscérale; X, glande salivaire; XI, ganglion pleural.

Fig. 21. — *Scaphander lignarius*, rein, vu ventralement, × 4 environ. I, branchie; II, rein; III, orifice extérieur du rein.

Fig. 22. — *Bulla hydatis*, vu du côté droit, × 4. I, branchie; II, orifice hermaphrodite; III, rhinophore; IV, œil; V, bouclier céphalique; VI, orifice du pénis; VII, parapodie; VIII, lobe palléal inférieur.

Fig. 23. — *Bulla*, coupe de la glande hypobranchiale, × 64. I, face dorsale du manteau; II, sinus; III, glandes muqueuses.

Fig. 24. — *Bulla striata*, coupe longitudinale du rhinophore, × 64. I, pli du rhinophore; II, ganglions olfactifs secondaires; III, cellule glandulaire.

PLANCHE IV.

Fig. 25. — Œsophage de *Bulla striata*, ouvert ventralement, × 6. I, poche œsophagienne dorsale; II, communication de l'œsophage avec la poche; III, œsophage.

Fig. 26. — *Bulla striata*, coupe transversale de la poche œsophagienne, × 36. I, œsophage; II, poche œsophagienne.

Fig. 27. — *Acera bullata*, coupe transversale de l'œil, × 240. I, cornée interne; II, couche des bâtonnets; III, rétine; IV, nerf optique; V, cristallin.

Fig. 28. — *Acera bullata*, pénis, vu dorsalement, × 10. I, pénis; II, orifice mâle; III, rétracteur du pénis; IV, prostate.

Fig. 29. — *Acera bullata*, système nerveux, vu dorsalement, × 10. I, ganglion stomato-gastrique; II, nerf pénial; III, nerf pleural; IV, aorte antérieure; V, ganglion supra-intestinal et nerf branchial; VI, ganglion abdominal; VII, ganglion infra-intestinal; VIII, commissure parapédieuse; IX, ganglion pleural; X, ganglion pédieux; XI, ganglion cérébral.

Fig. 30. — *Philine aperta*, vu dorsalement, × $^{3}/_{2}$. i, bouclier céphalique; ii, parapodie; iii, orifice anormal de la cavité coquillière; iv, manteau; v, orifice normal de la cavité coquillière.

Fig. 31. — *Philine aperta*, coupe transversale, × 12. i, cavité coquillière; ii, orifice extérieur de la cavité; iii, manteau; iv, cavité palléale.

Fig. 32. — *Philine aperta*, coupe transversale, × 12. i, cavité coquillière; ii, rein; iii, glande hermaphrodite; iv, manteau; v, foie; vi, cavité coquillière; vii, bourrelet cilié; viii, glandes.

Fig. 33. — *Philine aperta*, partie postérieure vue ventralement, × 2. i, point où se trouve l'orifice génital; ii, pied; iii, lobe palléal inférieur; iv, place de la fossette glandulaire (fig. 53); v, manteau; vi, cavité palléale et branchie.

Fig. 34. — *Bulla utriculus*, vu dorsalement, × 7. i, bouclier céphalique; ii, parapodie; iii, manteau; iv, lobe palléal inférieur; v, coquille.

Fig. 35. — *Philine aperta*, coupe transversale, × 48. i, péricarde; ii, cavité coquillière; iii, ventricule; iv, glande sanguine; v, tube digestif; vi, foie; vii, receptaculum seminis; viii, branche de l'aorte; ix, gouttière spermatique; x, aorte; xi, nerf branchial.

PLANCHE V.

Fig. 36. — *Gastropteron Meckeli*, vu du côté droit, la moitié droite du pied étant coupée, × 2. i, flagellum terminant en arrière le rudiment du manteau; ii, parapodie gauche; iii, branchie; iv, orifice hermaphrodite; v, bouclier céphalique; vi, orifice mâle; vii, pied; viii, orifice extérieur du rein; ix, anus; x, glande pédieuse postérieure.

Fig. 37. — *Gastropteron*, coupe longitudinale de l'osphradium, × 135. i, nerf branchial (portion proximale); ii, ganglion osphradial; iii, nerf; iv, osphradium.

Fig. 38. — *Gastropteron*, coupe transversale de la glande pédieuse postérieure, × 135. i, follicules glandulaires; ii, canal de la glande; iii, surface ventrale du pied.

Fig. 39. — *Gastropteron*, coupe sagittale médiane de la portion postérieure du pied (schéma), × 36 environ. i, cavité de la glande; ii, pied; iii, orifice.

Fig. 40. — *Gastropteron*, coupe transversale, × 15. i, cavité coquillière; ii, ventricule; iii, péricarde; iv, orifice réno-péricardique; v, glande sanguine; vi, branchie; vii, manteau; viii, rein.

Fig. 41. — *Gastropteron*, coupe transversale, × 15. i, œsophage; ii, foie; iii, intestin; iv, conduit hermaphrodite; v, orifice extérieur du rein; vi, branchie; vii, rectum; viii, glande pigmentée; ix, manteau; x, rein.

Fig. 42. — *Gastropteron*, coupe d'une partie de la glande sanguine, × 240. i, lumière d'un cæcum de la glande ; ii, corpuscules sanguins.

Fig. 43. — *Doridium carnosum*, vu du côté droit, × 2. i, manteau ; ii, bouclier céphalique ; iii, orifice du pénis ; iv, pied ; v, orifice hermaphrodite ; vi, branchie ; vii, point où se trouve l'anus.

PLANCHE VI.

Fig. 44. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale, × 8. i, cavité coquillière ; ii, foie ; iii, glande hermaphrodite ; iv, orifice extérieur de la cavité palléale ; v, pied ; vi, cavité palléale.

Fig. 45. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale, × 9. i, branchie dans la cavité palléale ; ii, foie ; iii, glande pigmentée et son conduit ; iv, cavité coquillière ; v, glande génitale ; vi, canal faisant communiquer la cavité coquillière avec le dehors ; vii, pied.

Fig. 46. — *Doridium membranaceum*, coupe de l'orifice interne du canal de la cavité coquillière, × 135. i, cavité coquillière ; ii, canal.

Fig. 47. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale, × 15. i, gouttière spermatique ; ii, pénis ; iii, cavité buccale ; iv, bouclier céphalique ; v, glande salivaire ; vi, cæcum radulaire ; vii, pied.

Fig. 48. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale, × 15. i, ventricule ; ii, péricarde ; iii, orifice réno-péricardique ; iv, rein ; v, cavité coquillière ; vi, glande hermaphrodite ; vii, conduit hermaphrodite ; viii, circonvolutions de l'intestin dans le foie ; ix, pied ; x, gouttière spermatique.

Fig. 49. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale du rudiment de cæcum radulaire, × 240.

Fig. 50. — *Doridium membranaceum*, coupe sagittale médiane du bulbe buccal, × 7 environ. i, cavité buccale ; ii, œsophage ; iii, cæcum.

Fig. 51. — *Doridium carnosum*, partie antérieure du tube digestif, vu ventralement, × 2. i, bulbe buccal ; ii, estomac ; iii, origine de l'intestin ; iv, valvule.

Fig. 52. — *Doridium membranaceum*, coupe transversale, × 15. i, branchie ; ii, cavité coquillière ; iii, orifice extérieur du rein ; iv, rein ; v, intestin ; vi, glande génitale ; vii, foie ; viii, conduit hermaphrodite ; ix, gouttière spermatique ; x, cavité palléale.

PLANCHE VII.

Fig. 53. — *Philine aperta*, vue aborale, × 2. i, manteau; ii, parapodie; iii, lobe palléal inférieur; iv, fossette glandulaire.

Fig. 54. — *Philine aperta*, coupe transversale, × 15. i, cavité palléale; ii, cavité coquillière; iii, lobe palléal inférieur; iv, fossette glandulaire; v, bord droit du manteau.

Fig. 55. — *Philine aperta*, coupe de la fossette glandulaire postérieure du manteau, × 240. i, follicules glandulaires; ii, fossette ciliée.

Fig. 56. — *Pelta coronata*, coupe transversale, × 64. i, acini femelles; ii, manteau; iii, estomac; iv, foie; v, pied; vi, pénis; vii, acini femelles; viii, acini mâles.

Fig. 57. — *Pelta*, coupe transversale (moitié droite), × 135. i, œil; ii, cavité buccale; iii, glande buccale; iv, gaine du pénis; v, fin de la gouttière spermatique.

Fig. 58. — *Pelta*, coupe transversale, × 64. i, ganglion cérébral avec un renflement olfactif; ii, acini femelles; iii, acini mâles; iv, bord de la tête; v, glandes pédieuses; vi, ganglion pédieux avec l'otocyste au-dessus; vii, glandes buccales; viii, radula; ix, œsophage; x, gaine du pénis; xi, gouttière spermatique; xii, pénis.

Fig. 59. — *Pelta*, organes génitaux en place, vus dorsalement (schématisés), × 20 environ. i, œil; ii, orifice mâle; iii, pénis; iv, gouttière spermatique; v, orifice hermaphrodite; vi, conduit hermaphrodite; vii, branchie; viii, pied; ix, rectum; x, glandes femelles accessoires; xi, bord du manteau; xii, prostate; xiii, glande hermaphrodite.

Fig. 60. — *Pelta*, coupe transversale de la gouttière spermatique, × 120. i, bord du manteau; ii, gouttière; iii, bord du pied.

Fig. 61. — *Pelta*, coupe transversale, × 240 (région dorsale droite d'un individu jeune). i, bord du manteau; ii, rein; iii, foie; iv, glande hermaphrodite.

PLANCHE VIII.

Lobiger Philippii.

Fig. 62. — L'animal vu de dos, × 4. i, tentacule antérieur; ii, tentacule postérieur; iii, pénis; iv, nageoire (parapodie); v, cœur; vi, branchie; vii, pied; viii, emplacement de l'anus.

Fig. 63. — Coupe transversale d'un individu jeune, × 15. I, ventricule ; II, aorte ; III, glandes accessoires femelles ; IV, artère génitale ; V, glande génitale ; VI, vésicule séminale ; VII, nageoire ; VIII, foie ; IX, estomac ; X, oviducte ; XI, petit receptaculum seminis ; XII, cavité palléale ; XIII, sinus branchial afférent ; XIV, osphradium.

Fig. 64. — Coupe transversale d'un individu de grande taille, × 15. I, orifice extérieur du rein ; II, rein ; III, branchie ; IV, cavité palléale ; V, acini femelle ; V', acinus mâle ; VI, pied ; VII, foie.

Fig. 65. — Coupe transversale des ganglions infra-œsophagiens, × 80. I, œsophage ; II, nerf stomato-gastrique ; III, commissure parapédieuse ; IV, commissure pédieuse ; V, ganglion pédieux ; VI, aorte ; VII, ganglion viscéral.

Fig. 66. — Coupe transversale, × 15. I, appendice buccal suceur ; II, œsophage ; III, aorte ; IV, poche œsophagienne ; V, spermiducte ; VI, oviducte ; VII, vagin (canal de la poche copulatrice) ; VIII, manteau.

Fig. 67. — Système nerveux en place, vu de dos, × 16. I, appendice buccal suceur ; II, bulbe buccal ; III, glande salivaire ; IV, ganglion cérébral ; V, ganglion supra-intestinal ; VI, nerf branchial ; VII, ganglion osphradial ; VIII, ganglion génital ; IX, poche œsophagienne ; X, œsophage ; XI, pied.

Fig. 68. — Organes génitaux en place, vus dorsalement (un peu schématisés), × 8. I, prostate ; II, pénis ; III, orifice femelle ; IV, vagin ; V, oviducte ; VI, petit receptaculum seminis ; VII, spermiducte ; VIII, glandes femelles accessoires ; IX, glande hermaphrodite ; X, conduit hermaphrodite ; XI, vésicule séminale ; XII, grand receptaculum seminis.

PLANCHE IX.

Fig. 69. — *Lobiger*, coupe transversale, × 15. I, ventricule ; II, œsophage ; III, glandes femelles accessoires ; IV, foie ; V, glande hermaphrodite, acini femelles ; VI, acinus mâle ; VII, vésicule séminale ; VIII, conduit joignant la vésicule séminale au spermiducte ; IX, foie ; X, spermiducte ; XI, petit receptaculum seminis ; XII, oviducte ; XIII, cavité palléale ; XIV, aorte.

Fig. 70. — *Lobiger*, coupe transversale, × 15. I, glandes femelles accessoires ; II, œsophage ; III, foie ; IV, vésicule séminale ; V, spermiducte ; VI, foie ; VII, conduit de la vésicule séminale ; VIII, point de jonction du spermiducte et de la vésicule séminale ; IX, oviducte ; X, conduit du receptaculum seminis ; XI, cavité palléale ; XII, aorte ; XIII, grand receptaculum seminis.

Fig. 71. — *Lobiger*, coupe transversale (région dorsale de droite), × 48. I, glande oviducale ; II, conduit hermaphrodite ; III, spermiducte ; IV, oviducte ; V, petit receptaculum seminis.

Fig. 72. — *Limacina retroversa*, coupe transversale, × 64. i, cavité palléale; ii, ganglion osphradial; ii', nerf osphradial; iii, œsophage; iv, glande hermaphrodite; v, foie; vi, muscle columellaire; vii, ganglion viscéral droit; viii, organes génitaux accessoires; ix, glande hypobranchiale.

Fig. 73. — *Clio striata*, coupe transversale du gésier, × 160. i, muscle transversal; ii, cartilage étoilé; iii, plaque masticatrice.

Fig. 74. — *Clio striata* (individu de taille moyenne), coupe transversale par la partie antérieure de la glande génitale, × 135. i, muscle columellaire; ii, acinus mâle; iii, acinus femelle.

Fig. 75. — *Clio striata*, coupes longitudinales de la glande hermaphrodite (schémas) : *a*, d'un individu jeune; *b*, d'un individu de moyenne taille; *c*, d'un individu très grand.

Fig. 76. — *Clio striata*, coupe transversale par l'extrémité postérieure de la glande génitale d'un individu de moyenne taille, × 80. i, acinus mâle; ii, muscle columellaire.

PLANCHE X.

Fig. 77. — *Pneumonoderma mediterraneum*, coupe transversale, × 24. i, acini mâles de la glande hermaphrodite; ii, acini femelles.

Fig. 78. — *Clione limacina*, ganglions pédieux et aorte antérieure, vus de dos, × 8. i, ganglion pédieux; ii, commissure parapédieuse; iii, aorte.

Fig. 79. — *Notarchus punctatus*, coupe transversale de l'osphradium, × 135. i, ganglion osphradial; ii, nerf branchial (portion proximale).

Fig. 80. — *Aplysiella petalifera*, branchie, vue du côté droit, × 8. i. osphradium; ii, nerf branchial; iii,branchie.

Fig. 81. — *Aplysiella petalifera*, système nerveux, vu de dos, × 7. i, ganglion stomato-gastrique; ii, ganglion cérébral; iii, nerf pénial; iv, ganglion supra-intestinal; v, aorte; vi, ganglion osphradial; vii, nerf génital; viii, commissure parapédieuse; ix, ganglion abdominal; x, plexus pleuro-pédieux; xi, ganglion pédieux; xii, ganglion pleural.

Fig. 82. — *Tylodina citrina*, coupe transversale, × 45. i, ganglion osphradial; ii, péricarde; iii, rein; iv, foie; v, intestin; vi, estomac.

Fig. 83. — *Pleurobranchus Meckeli*, système nerveux central vu de dos, × 6. i, ganglion tentaculaire; ii, ganglion cérébral; iii, nerf palléal; iii', nerf pénial; iv, ganglion viscéral; v, nerfs génital et branchial; vi, commissure viscérale; vii, ganglion pédieux; viii, ganglion pleural; ix, œil.

Fig. 84. — *Pleurobranchus plumula*, coupe transversale dans la région dorsale, × 45. I, ganglion pédieux; II, otocyste; III, ganglion cérébral.

Fig. 85. — *Pleurobranchus plumula*, coupe transversale, × 15. I, foie; II, cavité coquillière; III, glande sanguine; IV, intestin; V, acini mâles de la glande hermaphrodite; VI, manteau; VII, acini femelles; VIII, glandes femelles accessoires; IX, rein, avec concrétions; X, canal réno-péricardique; XI, orifice extérieur du rein; XII, manteau; XIII, rectum.

Fig. 86. — *Pleurobranchæa Meckeli*, coupe sagittale de la glande prébranchiale, × 24. I, orifice de la glande; II, cavité de la glande; III, muscles longitudinaux.

Fig. 87. — *Pleurobranchæa Meckeli*, coupe sagittale médiane (schématisée) de la partie postérieure. I, tubercule dorsal; II, glande pédieuse; III, muscles rétracteurs du tubercule.

PLANCHE XI.

Pleurobranchæa Meckeli.

Fig. 88. — Système nerveux central vu de dos (schéma). I, commissure labiale; II, ganglion cérébral; III, ganglion pleural; IV, connectif cérébro-pédieux; V, connectif pleuro-pédieux; VI, ganglion pénial; VII, nerf branchial; VIII, ganglion génital; IX, commissure viscérale et son ganglion; X, commissure parapédieuse; XI, commissure pédieuse; XII, commissure subcérébrale; XIII, ganglion pédieux; XIV, otocyste; XV, nerf otocystique; XVI, ganglion tentaculaire; XVII, œil; XVIII, ganglion buccal.

Fig. 89. — Coupe sagittale de l'otocyste, × 45. I, nerf otocystique; II, otocyste; III, nerfs pédieux.

Fig. 90. — Système nerveux central, vu de dos, × 4. I, nerf tentaculaire; II, œil; III, ganglion pleural; IV, ganglion gastro-œsophagien; V, ganglion buccal; VI, ganglion viscéral; VII, ganglion pénial; VIII, nerf branchial; IX, nerf génital; X, commissure viscérale; XI, commissures pédieuse, parapédieuse et subcérébrale dans une enveloppe commune; XII, ganglion pédieux; XIII, otocyste; XIV, connectif cérébro-pédieux; XV, connectif pleuro-pédieux; XVI, nerfs palléaux; XVII, ganglion cérébral; XVIII, commissure labiale.

Fig. 91. — Coupe transversale des commissures infra-œsophagiennes, × 45. I, commissure subcérébrale; II, commissure parapédieuse; III, commissure pédieuse; IV, commissure viscérale.

Fig. 92. — Coupe sagittale presque médiane des centres supra-œsophagiens, × 45. I, ganglion cérébral; II, « crâne »; III, sinus; IV, commissure cérébrale; V, ganglion pleural.

Fig. 93. — Coupe transversale des connectifs pédieux, × 45. i, commissure subcérébrale; ii, connectif cérébro-pédieux; iii, connectif pleuro-pédieux; iv, nerf otocystique; v, commissure viscérale.

Fig. 94. — Coupe axiale de l'œil, × 135. i, cornée; ii, cellule rétinienne; iii, bâtonnet; iv, noyau; v, cristallin.

Fig. 95. — Coupe sagittale en dehors des ganglions supra-œsophagiens gauches, × 45. i, commissure stomato-gastrique; ii, commissure subcérébrale; iii, connectif cérébro-pédieux; iv, connectif pleuro-pédieux; v, commissure viscérale; vi, nerfs palléaux; vii, nerf otocystique; viii, nerf optique; ix, nerf tentaculaire; x, vaisseau transverse; xi, nerfs cérébraux.

Fig. 96. — Coupe sagittale de la paroi dorsale du conduit réno-péricardique, × 135. i, muscles longitudinaux; ii, épithélium glandulaire.

Fig. 97. — Rein vu dorsalement, × 2. i, péricarde; ii, orifice extérieur du rein; iii, orifice rénal du conduit; iv, conduit réno-péricardique; v, rein; vi, orifice péricardique du rein.

Fig. 98. — Coupe sagittale du conduit réno-péricardique (extrémité rénale), × 64. i, conduit; ii, chambre rénale; iii, orifice rénal du conduit.

Fig. 99. — Côté droit, vu dorsalement, le péricarde ouvert et le bord du manteau coupé au-dessus de la branchie, × 2. i, aorte antérieure; ii, ventricule; iii, pénis; iv, oreillette; v, glande prébranchiale et son orifice; vi, orifice interne du rein, vu par transparence sous l'oreillette; vii, point où le rein s'ouvre au dehors sous la branchie; viii, point où s'ouvre l'anus, au-dessus de la branchie; ix, branchie; x, section du manteau; xi, sinus palléal (péridorsal); xii, communication du sinus palléal et de l'oreillette; xiii, glande péricardique; xiv, aorte postérieure; xv, glande sanguine, vue par transparence, sous le péricarde.

PLANCHE XII.

Fig. 100. — *Tritonia Hombergi,* système nerveux central, vu dorsalement, × 15. i, ganglion cérébral; ii, nerf tentaculaire; iii, nerf optique; iv, connectif pleuro-pédieux; v, nerf pénial; vi, commissure parapédieuse; vi', commissure viscérale; vii, ganglion abdominal et nerf génital; viii, commissure stomato-gastrique; ix, ganglion buccal; x, ganglion gastro-œsophagien; xi, commissure pédieuse; xii, commissure subcérébrale; xiii, ganglion pédieux; xiv, connectif cérébro-pédieux; xv, otocyste; xvi, ganglion pleural.

Fig. 101. — *Tritonia plebeia,* bulbe buccal, vu du côté droit, × 20. i, centres nerveux; ii, glandes buccales; iii, bulbe buccal; iv, œsophage.

Fig. 102. — *Tritonia plebeia*, coupe transversale, × 48. I, cavité buccale; II, glandes pédieuses; III, glandes buccales.

Fig. 103. — *Tritonia Hombergi*, coupe transversale de l'œil, × 240. I, cornée; II, cristallin; III, bâtonnet; IV, rétine.

Fig. 104. — *Tritonia Hombergi* jeune, coupe transversale, × 20. I, ventricule du cœur; II, péricarde; III, sinus palléal; IV, conduit hépatique; V, foie; VI, estomac; VII, glande salivaire; VIII, aorte; IX, rein; X, rectum; XI, orifice réno-péricardique.

Fig. 105. — *Tritonia plebeia*, rein, vu dorsalement, × 20. I, intestin; II, conduit réno-péricardique; III, orifice réno-péricardique; IV, orifice extérieur du rein; V, anus; VI, orifice rénal du conduit réno-péricardique; VII, rein; VIII, lobe ventral replié du rein; IX, oreillette; X, sinus palléal afférent; XI, péricarde; XII, ventricule.

Fig. 106. — *Tritonia plebeia,* coupe transversale, côté droit, × 400. I, glande hermaphrodite; II, rein; III, rectum; IV, conduit réno-péricardique.

Fig. 107. — *Tritonia Hombergi*, coupe sagittale du bord antéro-dorsal de l'oreillette, × 135. I, muscles; II, épithélium glandulaire (glande péricardique).

PLANCHE XIII.

Fig. 108. — *Tritonia plebeia,* coupe transversale, × 48. I, péricarde; II, oreillette; III, foie; IV, acini femelles; V, acini mâles; VI, estomac; VII, foie; VIII, conduit réno-péricardique; IX, rein; X, conduit hermaphrodite.

Fig. 109. — *Dendronotus arborescens*, coupe transversale de la partie tout à fait initiale de l'œsophage (en avant du collier œsophagien), × 220. I, cuticule; II, muscles annulaires; III, muscles longitudinaux.

Fig. 110. — *Dendronotus arborescens,* coupe transversale du collier œsophagien, × 48. I, œsophage; II, ganglion pédieux; III, commissure subcérébrale; IV, ganglion cérébral.

Fig. 111. — *Tethys leporina,* système nerveux central et œsophage, × 2. I, bulbe buccal; II, masse ganglionnaire supra-œsophagienne (=ganglions cérébraux, pédieux et pleuraux); III, commissure viscérale; IV, ganglion abdominal et nerf génital; V, commissure pédieuse; VI, commissure stomato-gastrique.

Fig. 112. — *Scyllæa pelagica*, coupe transversale de l'origine de l'intestin, × 48. I, intestin; II, pli glandulaire; III, second pli glandulaire, communiquant plus en arrière avec l'intestin.

Fig. 113. — *Scyllæa pelagica*, coupe transversale de l'estomac, × 20. i, muscles annulaires; ii, lames cornées.

Fig. 114. — *Phyllirhoe bucephalum*, section transversale d'une des masses génitales (orientée la droite en haut), × 48. i, acinus mâle; ii, acini femelles.

Fig. 115. — *Phyllirhoe bucephalum*, système nerveux central, vu du côté droit, × 12. i, ganglion tentaculaire; ii, nerfs céphaliques (dont l'inférieur est le labial); iii, ganglion pédieux; iv, commissure pédieuse; v, ganglion stomato-gastrique; vi, commissure parapédieuse; vii, commissure viscérale; viii, nerfs pédieux, dont l'inférieur passe au-dessous de l'orifice génital; ix, nerfs palléaux; x, otocyste; xi, ganglion cérébral; xii, œil.

PLANCHE XIV.

Fig. 116. — *Polycera quadrilineata*, partie antérieure, vue dorsalement, ouverte au-dessus des centres nerveux, × 6. i, saillies du voile frontal; ii, système nerveux central; iii, pénis; iv, ganglion pénial; v, œsophage; vi, tentacule postérieur rétracté.

Fig. 117. — *Polycera quadrilineata*, coupe transversale des centres nerveux, × 48. i, œil; ii, ganglion cérébral; iii, ganglion pédieux; iv, otocyste.

Fig. 118. — *Polycera quadrilineata*, système nerveux central, vu de dos, × 40. i, nerf tentaculaire avec ganglion olfactif à son extrémité distale; ii, œil; iii, nerfs palléaux; iv, ganglion pénial; v, ganglion abdominal; vi, nerf génital; vii, nerfs réno-cardiaques avec deux cellules ganglionnaires à leur origine; viii, ganglion stomato-gastrique; ix, commissure subcérébrale; x, cellule ganglionnaire; xi, ganglion pédieux; xii, ganglion cérébro-pleural.

Fig. 119. — *Polycera ocellata*, coupe transversale, un peu oblique, du « pancréas », × 135. i, côté stomacal.

Fig. 120. — *Polycera ocellata*, coupe transversale, × 32. i, estomac (avec des cellules ganglionnaires sur la paroi dorsale); ii, « pancréas »; iii, intestin; iv, acini femelles; v, foie; vi, acini mâles; vii, rein.

Fig. 121. — *Polycera ocellata*, coupe transversale de la région dorsale du côté droit, × 40. i, aorte; ii, intestin; iii, œsophage; iv, glande salivaire et son conduit; v, cavité buccale; vi, pénis; vii, ganglion pénial; viii, intestin; ix, glande sanguine.

Fig. 122. — *Goniodoris nodosa*, système nerveux central, vu de dos, × 35. i, ganglion stomato-gastrique (avec le gastro-œsophagien); ii, nerf tentaculaire; iii, nerf palléal; iv, nerf pénial; v, nerf génital; vi, nerfs réno-cardiaques; vii, commissure viscérale; viii, commissure subcérébrale; ix, ganglion pédieux; x, ganglion cérébro-pleural avec l'œil et l'otocyste.

Fig. 123. — *Goniodoris nodosa*, région antérieure (ouverte), vue dorsalement, × 6. I, bulbe buccal; II, glande salivaire; III, glande sanguine; IV, masse génitale accessoire; V, intestin; VI, cœur; VII, aorte; VIII, estomac; IX, œsophage; X, système nerveux; XI, « gésier » buccal.

Fig. 124. — *Goniodoris nodosa*, coupe transversale de la région dorsale, × 135. I, rein; II, rectum; III, glande génitale; IV, conduit réno-péricardique; V, épithélium du péricarde.

Fig. 125. — *Goniodoris castanea*, coupe transversale, × 48. I, rein; II, œsophage; III, spermiducte; IV, receptaculum seminis; V, glandes génitales accessoires; VI, spicules; VII, glande sanguine; VIII, rectum.

PLANCHE XV.

Fig. 126. — *Eolis coronata*, parasité par *Splanchnotropus*, coupe transversale, × 20. I, ganglions cérébraux avec l'œil droit; II, mandibule; III, œsophage avec sa cuticule épaisse; IV, parasite; V, orifice extérieur de l'œsophage.

Fig. 127. — *Eolis coronata*, parasité par *Splanchnotropus*, coupe transversale, × 20. I, ganglion pédieux; II, parasite; III, papilles dorsales; IV, mandibules; V, cæcum radulaire; VI, œsophage; VII, parasite.

Fig. 128. — *Eolis coronata*, parasité par *Splanchnotropus*, tube digestif, vu dorsalement, × 10 environ (reconstruction). I, place de l'estomac dans un individu normal; II, intestin avec une ouverture antérieure; III, anus; IV, ramifications hépatiques; V, grand tronc hépatique avec orifice antérieur; VI, bulbe buccal; VII, orifice extérieur de l'œsophage.

Fig. 129. — *Eolis coronata*, coupe transversale vers le sommet d'une papille dorsale, × 200 environ. I, sac à cnidocystes; II, épithélium; III, foie; IV, origine du conduit de communication du foie au sac à cnidocystes.

Fig. 130. — *Eolis coronata*, coupe transversale d'une papille dorsale (moins haut que figure 129), × 200. I, sac; II, foie; III, conduit.

Fig. 131. — *Eolis coronata*, coupe transversale d'une papille dorsale (moins haut que figure 130), × 200, I, base du sac; II, foie; III, terminaison du conduit dans le sac.

Fig. 132. — *Eolis coronata*, coupe axiale d'une papille, × 40. I, orifice extérieur du sac; II, conduit; III, foie; IV, épithélium; V, sac.

Fig. 133. — *Eolis cingulata*, coupe transversale au sommet d'une papille, × 250. I, épithélium avec cellules glandulaires; II, cellule du sac, avec cnidocystes; III, muscles longitudinaux.

Fig. 134. — *Eolis papillosa*, système nerveux central, vu dorsalement, × 12. I, ganglion cérébral avec œil et otocyste; II, nerf pédieux; III, nerf palléal (innervant la partie tégumentaire des papilles); IV, nerf hépatique (innervant la partie intérieure des papilles); V, nerf viscéral; VI, ganglion stomato-gastrique et gastro-œsophagien; VII, ganglion pleural; VIII, commissure viscérale; IX, ganglion pédieux.

Fig. 135. — *Eolis cingulata*, coupe transversale du sac rénal, × 135. I, épithélium dorsal; II, rein; III, orifice rénal extérieur.

Fig. 136. — *Eolis cingulata*, coupe transversale de l'origine de l'intestin, × 135. I, repli longitudinal dorsal.

PLANCHE XVI.

Fig. 137. — *Eolis picta*, coupe transversale de la partie dorsale, × 64. I, oreillette; II, tube digestif; III, rein; IV, orifice réno-péricardique; V, péricarde; VI, ventricule.

Fig. 138. — *Eolis picta*, coupe transversale, × 64. I, oreillette, II, intestin; III, glande génitale (ne renfermant que des éléments mâles en voie de formation); IV, glandes pédieuses; V, nerf; VI, rectum; VII, rein; VIII, péricarde.

Fig. 139. — *Janus hyalinus*, coupe transversale, × 64. I, un conduit de la glande anale; II, rein; III, foie; IV, glande anale; V, foie; VI, rein; VII, rectum.

Fig. 140. — *Janus hyalinus*, coupe axiale d'une papille dorsale, × 160. I, ganglion; II, sinus; III, foie.

Fig. 141. — *Janus hyalinus*, coupe transversale, × 20. I, péricarde; II, ramifications du foie; III, rein; IV, foie; V, intestin; VI, glande hermaphrodite, avec les acini femelles périphériques; VII, orifice extérieur du rein; VIII, oreillette.

Fig. 142. — *Janus hyalinus*, coupe transversale, × 20. I, péricarde; II, ramifications du foie; III, intestin; IV, glande hermaphrodite; V, rein; VI, ganglion à la base d'une papille; VII, oreillette.

Fig. 143. — *Fiona marina*, coupe transversale des ganglions pédieux, × 48. I, ganglion cérébral; II, œsophage; III, ganglion pédieux; IV, conduit salivaire; V, estomac.

Fig. 144. — *Fiona marina*, partie de la glande hermaphrodite, faiblement grossie (× 8). I, acini femelles; II, acinus mâle.

Fig. 145. — *Fiona marina*, coupe transversale d'une papille dorsale, × 64. I, foie; II, repli cutané; III, sinus efférent.

PLANCHE XVII.

Fig. 146. — *Cyerce Jheringi*, pied, vu ventralement, × 4. i, partie antérieure du pied; ii, partie postérieure.

Fig. 147. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale d'une papille dorsale, × 64. i, sinus; ii, muscles longitudinaux; iii, glande; iv, nerf.

Fig. 148. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale de la région dorsale, × 64. i, péricarde; ii, rein; iii, foie; iv, oreillette; v, orifice interne du conduit réno-péricardique.

Fig. 149. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale de la région dorsale, × 64. i, oreillette; ii, péricarde; iii, orifice du conduit réno-péricardique dans le rein; iv, rein.

Fig. 150. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale, × 15. i, conduit hermaphrodite; ii, tube digestif; iii, « jabot »; iv, foie; v, glande hermaphrodite; vi, muscles de la masse buccale; vii, glandes salivaires; viii, œsophage; ix, spermiducte; x, oviducte; xi, glande hermaphrodite; xii, rectum; xiii, conduit femelle; xiv, orifice extérieur du rein; xv, vagin, au point où il va se joindre à l'oviducte.

Fig. 151. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale, × 15. i, œsophage; ii, jabot; iii, masse viscérale (foie et glande génitale); iv, muscles de la masse buccale; v, oviducte; vi, vagin; vii, poche copulatrice; viii, rectum; ix, spermiducte.

Fig. 152. — *Cyerce Jheringi*, coupe transversale, × 15. i, œsophage; ii, masse viscérale; ii' muscles buccaux; iii, oviducte; iv, orifice vaginal; v, poche copulatrice: vi, rectum; vii, spermiducte; viii, œsophage.

Fig. 153. — *Hermæa dendritica*, contracté, dépouillé de ses papilles, vu du côté droit, × 12. i, saillie péricardique; ii, tube anal; iii, œil; iv, tentacule; v, pli recouvrant l'orifice du pénis; vi, orifice oviducal.

Fig. 154. — *Stiliger (Ercolania) funereus*, contracté, vu du côté droit, dépouillé de quelques papilles antérieures, pour laisser voir les orifices génitaux, × 9. i, orifice vaginal; ii, orifice oviducal; ii', orifice mâle; iii, tentacule.

Fig. 155. — *Hermæa bifida*, région antérieure, vue ventralement, × 16. i, bouche; ii, tentacule (rhinophore); iii, palpe; iv, bord antérieur du pied.

Fig. 156. — *Hermæa bifida*, région antérieure, vue du côté droit, × 8 environ. i, orifice mâle; ii, œil; iii, tentacule; iv, glandes buccales; v, bouche; vi, orifice femelle unique; vii, glande génitale accessoire « muqueuse »; viii, receptaculum seminis.

PLANCHE XVIII.

Fig. 157. — *Hermæa bifida* (petit individu), coupe transversale, × 64. i, cavité buccale; ii, ascon radulaire; iii, « jabot »; iv, glandes buccales; v, glandes pédieuses; vi, spermiducte dans le pénis; vii, orifice mâle; viii, radule.

Fig. 158. — *Hermæa bifida*, coupe transversale, × 64. i, cavité buccale; ii, radule, iii, aorte; iv, ganglion pédieux; v, « jabot »; vi, glandes buccales; vii, glandes pédieuses; viii, spermiducte; ix, orifice femelle; x, ganglion cérébro-pleural; xi, poche copulatrice; xii, conduits longitudinaux du foie.

Fig. 159. — *Hermæa bifida*, organes génitaux, vus dorsalement, × 30 environ. i, pénis; ii, orifice femelle; iii, oviducte; iv, seconde poche copulatrice; v, glande muqueuse; vi, acini hermaphrodites; vii, glande albuminipare; viii, conduit hermaphrodite; ix, masse prostatique; x, grande poche copulatrice; xi, spermiducte.

Fig. 160. — *Hermæa bifida*, coupe transversale, × 64. i, anus; ii, glande albuminipare; iii, œsophage avec le « jabot »; iv, ganglion viscéral gauche (au-dessus, à droite, le ganglion viscéral droit; à gauche, le ganglion gastro-œsophagien gauche); v, spermiducte; vi, glande muqueuse; vii, conduit de la poche copulatrice; viii, oviducte; ix, foie; x, cellules conjonctives excrétrices; xi, poche copulatrice.

Fig. 161. — *Hermæa bifida*, coupe transversale, × 64. i, glande albuminipare; ii, partie antérieure du ventricule, dans le péricarde; iii, estomac; iv, spermiducte; v, prostate; vi, glande muqueuse; vii, conduit menant au second receptaculum seminis; viii, oviducte; ix, conduit longitudinal du foie, ramifié dans une papille (au dos, des cellules conjonctives excrétrices); x, conduit menant à la glande albuminipare; xi, orifice extérieur du rein.

Fig. 162. — *Hermæa bifida* (gros individu), coupe transversale d'une papille dorsale, × 64. i, glande cutanée; ii, foie.

Fig. 163. — *Hermæa bifida*, coupe transversale de la région dorsale, × 64. i, péricarde; ii, conduit longitudinal du foie; iii, orifice réno-péricardique; iv, foie; v, rein; vi, oreillette.

Fig. 164. — *Hermæa dendritica*, coupe transversale, × 20 environ. i, papille anale; ii, ventricule; iii, poche copulatrice; iv, œsophage; v, jabot; vi, conduit longitudinal du foie; vii, glande albuminipare; viii, ganglions viscéraux; ix, spermiducte; x, glande albuminipare; xi, papille; xii, foie; xiii, glande hermaphrodite; xiv, foie; xv, glande muqueuse; xvi, péricarde; xvii, rein.

Fig. 165. — *Hermæa dendritica*, coupe transversale d'une papille, × 64. i, foie; ii, glande albuminipare.

PLANCHE XIX.

Elysia viridis.

Fig. 166. — L'animal, vu de dos, × 7. i, bouche; ii, orifice du pénis; iii, anus; iv, ouverture de l'oviducte; v, saillie péricardique; vi, lobe palléal; vii, veine « branchiale »; viii, orifice extérieur du rein; ix, orifice vaginal; x, œil; xi, tentacule.

Fig. 167. — Système nerveux, vu dorsalement, × 30. i, ganglion buccal; ii, ganglion viscéral droit; iii, ganglion pédieux; iv, nerf génital; v, ganglion viscéral médian; vi, ganglion gastro-œsophagien; vii, ganglion viscéral gauche; viii, ganglion cérébro-pleural.

Fig. 168. — Coupe transversale de la région dorsale, × 48. i, conduit salivaire; ii, ganglion viscéral gauche; iii, ganglion pédieux; iv, sac radulaire; v, ganglion viscéral médian; vi, ganglion viscéral droit; vii, parcours de l'aorte dans la région postérieure; viii, péricarde; ix, aorte; x, œsophage.

Fig. 169. — Coupe transversale d'un petit individu, × 90. i, cavité buccale; ii, ganglion cérébro-pleural; iii, canaux hépatiques; iv, radule; v, asque; vi, glande salivaire; vii, spermiducte; viii, oviducte; ix, rectum; x, orifice rénal extérieur; xi, artère.

Fig. 170. — Coupe transversale, à la jonction de l'œsophage avec le cæcum œsophagien, × 135. i, enveloppe musculaire; ii, ganglion gastro-œsophagien; iii, œsophage; iv, cæcum œsophagien.

Fig. 171. — Coupe transversale, région dorsale, × 48. i, péricarde; ii, lobe palléal; iii, rein; iv, orifice réno-péricardique; v, veine « branchiale »; vi, oreillette.

Fig. 172. — Coupe plus en arrière que la précédente, × 48. i, péricarde; ii, orifice réno-péricardique; iii, veine branchiale; iv, rein; v, lobe palléal; vi, orifice réno-péricardique; vii, oreillette.

Fig. 173. — Cœur et rein, vus dorsalement, schématisés, × 24. i, ventricule; ii, orifice extérieur du rein; iii, oreillette; iv, rein; v, orifices réno-péricardiques latéraux de gauche; vi, orifice réno-péricardique ventral; vii, péricarde.

Fig. 174. — Coupe d'un orifice réno-péricardique latéral de droite, × 135. i, péricarde; ii, orifice réno-péricardique; iii, paroi de l'oreillette; iv, veines « branchiales »; v, paroi du rein.

Fig. 175. — Coupe transversale, région dorsale (postérieure à 172), × 48. i, péricarde; ii, lobe palléal; iii, rein; iv, oreillette; v, veines « branchiales »; vi, orifice réno-péricardique.

PLANCHE XX.

Elysia viridis.

Fig. 176. — Coupe transversale, × 20. i, rein; ii, aorte postérieure; iii, poche copulatrice; iv, estomac; v, sinus; vi, spermiducte; vii, oviducte; viii, les deux conduits joignant la poche copulatrice à l'oviducte; ix, vagin; x, péricarde et ventricule.

Fig. 177. — Coupe transversale, antérieure à 176, × 20. i, péricarde et ventricule; ii, aorte postérieure; iii, poche copulatrice; iv, sinus; v, estomac; vi, spermiducte; vii, oviducte; viii, les deux conduits de la poche copulatrice; ix, vagin; x, orifice extérieur du rein.

Fig. 178. — Organes génitaux (conduits) d'un individu très jeune, × 40 environ. i, orifice mâle; ii, orifice de l'oviducte; iii, ligne indiquant la place du vagin, non encore ouvert au dehors; iv, les deux conduits de la poche copulatrice; v, portion « utérine » de l'oviducte; vi, origine du spermiducte; vii, conduit de la prostate; vii', conduit hermaphrodite; viii, conduit de la glande albuminipare; ix, origine de l'oviducte; x, première jonction de la glande albuminipare à l'oviducte; xi, seconde jonction; xii, saillie oviducale, rudiment du vagin; xiii, poche copulatrice.

Fig. 179. — Coupe transversale, antérieure à 177, × 20. i, aorte antérieure; ii, sinus; iii, poche copulatrice; iv, estomac; v, glande salivaire; vi, ganglion; vii, spermiducte; viii, oviducte; ix, intestin; x, vagin (le pointillé indique le parcours dans les coupes plus antérieures).

Fig. 180. — Organes génitaux (sans la glande hermaphrodite) d'un adulte, vus dorsalement, × 20. i, pénis; ii, orifice oviducal; iii, orifice vaginal; iv, conduit d'entrée de la poche copulatrice (le pointillé indique le trajet des spermatozoïdes); v, conduit de sortie de la poche copulatrice; vi, oviducte; vii, spermiducte; viii, conduit hermaphrodite avec sa vésicule séminale; ix, conduit prostatique; x, conduit de la glande albuminipare; xi, les deux jonctions de la glande albuminipare avec l'oviducte; xii, glande muqueuse oviducale; xiii, vagin; xiv, poche copulatrice.

Fig. 181. — Coupe axiale de la poche copulatrice, × 135. i, conduit cilié; ii, poche copulatrice, avec sa paroi à noyaux superficiels.

Fig. 182. — Portion d'une coupe transversale de la partie postérieure du corps, × 135. i, conduit prostatique; ii, conduit de la glande albuminipare; iii, veine branchiale; iv, conduit hermaphrodite, accompagné de deux nerfs; v, conduit d'un acinus hermaphrodite; vi, prostate; vii, sinus; viii, ramifications du foie; ix, tronc principal du foie; x, glande albuminipare; xi, acinus hermaphrodite.

Fig. 183. — Coupe transversale, × 15. i, oreillette; ii, veine branchiale; iii, rein; iv, conduit de la glande albuminipare; v, vésicule séminale; vi, conduit hermaphrodite; vii, sinus; viii, conduit prostatique; ix, péricarde.

PLANCHE XXI.

Limapontia depressa.

Fig. 184. — L'animal, vu de dos, × 10. i, orifices mâle et oviducal; ii, anus; iii, œil.

Fig. 185. — L'animal, vu ventralement, × 10. i, bouche; ii, pied; iii, orifice vaginal; iv, orifices mâle et oviducal.

Fig. 186. — Système nerveux, vu dorsalement, × 120. i, ganglion stomato-gastrique; ii, ganglion cérébral; iii, ganglion pédieux; iv, ganglion supra-intestinal; v, ganglion abdominal; vi, otocyste; vii, ganglion rhinophorique; viii, œil.

Fig. 187. — Organes génitaux, vus dorsalement, × 30. i, pénis; ii, orifice oviducal; iii, poche copulatrice; iv, glande muqueuse oviducale; v, orifice vaginal; vi, acinus hermaphrodite; vii, glande albuminipare; viii, jonctions de la glande albuminipare à l'« utérus »; ix, conduit hermaphrodite; x, oviducte; xi, prostate (représentée très petite pour ne pas compliquer la figure); xii, spermiducte.

Fig. 188. — Coupe transversale, × 64. i, foie; ii, radule; ii', cavité buccale; iii, asque; iv, spermiducte; v, orifice oviducal; vi, pénis; vii, poche copulatrice.

Fig. 189. — Coupe transversale, postérieure à 194, × 64. i, rein; ii, glande hermaphrodite; iii, glande albuminipare; iv, foie; v, rectum.

Fig. 190. — Coupe transversale, postérieure à 188, × 64. i, foie; ii, glande albuminipare; iii, glande hermaphrodite; iv, œsophage; v, prostate; vi, ganglion supra-intestinal; vii, ganglion pédieux; viii, spermiducte; ix, oviducte; x, pénis; xii, poche copulatrice avec le commencement de son conduit.

Fig. 191. — Coupe transversale, postérieure à 190, × 64. i, ouverture antérieure de la glande albuminipare dans l'utérus; ii, œsophage; iii, conduit hermaphrodite; iv, foie; v, glande albuminipare; vi, glande hermaphrodite; vii, prostate; viii, ouverture de l'oviducte dans l'utérus; ix, conduit hermaphrodite; x, spermiducte au point où y débouche la prostate; xi, oviducte; xii, glande muqueuse; xiii, spermiducte; xiv, utérus.

Fig. 192. — Coupe transversale, postérieure à 191, × 64. i, œsophage; ii, glande albuminipare; iii, glande hermaphrodite; iv, conduit hermaphrodite; v, prostate; vi, orifice vaginal; vii, foie; viii, glande muqueuse; ix, conduit de la glande albuminipare.

Fig. 193. — Coupe transversale, postérieure à 192, × 64. i, ventricule; ii, péricarde; iii, foie; iv, glande albuminipare; v, glande hermaphrodite; vi, conduit hermaphrodite; vii, prostate; viii, glande muqueuse; ix, commencement de l'estomac; x, conduit de la glande albuminipare; xi, oreillette.

Fig. 194. — Coupe transversale, postérieure à 193, × 64. i, rein; ii, conduits droit et gauche de la glande albuminipare; iii, glande albuminipare; iv, glande hermaphrodite; v, conduit hermaphrodite; vi, foie; vii, rectum; viii, oreillette.

PLANCHE XXII.

Auricula myosotis.

Fig. 195. — Animal vivant, vu du côté droit, × 6. i, tentacule postérieur; ii, rudiment de tentacule antérieur; iii, sillon latéral droit; iv, coquille.

Fig. 196. — Tête, vue dorsalement, × 8. i, tentacule postérieur; ii, sillon latéral droit; iii, coquille; iv, œil; v, rudiment de tentacule antérieur.

Fig. 197. — Animal, vu du côté droit, la coquille relevée vers la gauche, × 5. i, orifice vaginal; ii, tentacule postérieur; iii, orifice du pénis; iv, sillon latéral droit; v, orifice palléal.

Fig. 198. — Animal sans sa coquille, vu ventralement, × 8. i, palpe; ii, glande palléale; iii, cœur dans le péricarde; iv, rein; v, orifice réno-péricardique; vi, intestin; vii, tortillon; viii, glande femelle accessoire; ix, place de la poche copulatrice; x, ouverture palléale; xi, pied; xii, bouche.

Fig. 199. — Organes génitaux, vus dorsalement, × 16. i, orifice mâle; ii, bord du sillon latéral; iii, spermiducte; iv, orifice vaginal; v, ouverture du conduit génital dans le vagin; vi, glandes accessoires; vii, conduit hermaphrodite; viii, glande génitale; ix, poche copulatrice; x, origine du spermiducte; xi, pénis.

Fig. 200. — Coupe transversale antérieure, × 64. i, cavité palléale; ii, cæcum; iii, glande palléale; iv, cavité buccale; v, glande pédieuse; vi, pied; vii, manteau; viii, sillon latéral; ix, spermiducte; x, tentacule postérieur droit.

Fig. 201. — Coupe transversale, postérieure à 202, × 48. i, rein; ii, glande salivaire droite; iii, ganglions stomato-gastriques; iv, œsophage; v, cæcum radulaire s'ouvrant dans la cavité buccale; vi, pénis; vii, glande salivaire gauche; viii, glande palléale; ix, conduit génital hermaphrodite; x, vagin; xi, nerfs viscéraux; xii, cavité palléale; xiii, sinus pulmonaire.

Fig. 202. — Coupe transversale postérieure à 200, × 48. i, ganglion cérébral; ii, cavité buccale; iii, commencement de l'œsophage; iv, pénis dans sa gaine; v, cavité

palléale; vi, glande palléale; vii, glande salivaire gauche; viii, ganglion pleural gauche; ix, otocyste; x, origine du spermiducte; xi, orifice vaginal; xii, nerf palléal droit; xiii, ganglion pédieux; xiv, ganglion supra-intestinal; xv, aorte; xvi, glande salivaire droite.

PLANCHE XXIII.

Auricula myosotis.

Fig. 202bis. — Coupe transversale du bord gauche du manteau, × 64. i, cavité palléale; ii, glande palléale; iii, bord du manteau; iv, ouverture de la glande palléale; v, nerf palléal gauche.

Fig. 203. — Tube digestif, vu dorsalement, × 10. i, ouverture buccale; ii, ganglion cérébral; iii, œsophage; iv, anus; v, anneau musculaire; vi, estomac; vii, orifice du lobe gauche du foie; viii, conduit du lobe droit du foie; ix, intestin; x, glande salivaire.

Fig. 204. — Coupe transversale, × 48. i, intestin; ii, foie; iii, intestin; iv, estomac; v, œsophage; vi, conduit hermaphrodite; vii, rectum; viii, cavité palléale; ix, glande albuminipare; x, rein.

Fig. 205. — Système nerveux central, vu dorsalement, × 32. i, nerf pénial; ii, nerf otocystique; iii, ganglion pleural droit; iv, ganglion osphradial; v, ganglion supra-intestinal et nerf palléal droit; vi, otocyste; vii, ganglion abdominal; viii, aorte; ix, nerfs viscéraux; x, commissure viscérale; xi, ganglion stomato-gastrique; xii, ganglion pédieux; xiii, ganglion infra-intestinal; xiv, ganglion pleural gauche; xv, nerf palléal gauche; xvi, ganglion cérébral.

Fig. 206. — Coupe transversale, postérieure à 204, × 48. i, estomac; ii, foie; iii, conduit gauche du foie; iv, conduit hermaphrodite; v, intestin; vi, glande albuminipare; vii, intestin.

Fig. 207. — Coupe transversale, × 48. i, rein; ii, cavité palléale; iii, glandes salivaires; iv, œsophage; v, conduit de la poche copulatrice; vi, conduit hermaphrodite dans lequel débouche la glande albuminipare; vii, nerf viscéral; viii, conduit de la glande muqueuse; ix, glande muqueuse; x, glande albuminipare.

Fig. 208. — Coupe transversale, antérieure à 207, × 48. i, orifice extérieur du rein; ii, conduit de la poche copulatrice; iii, rein; iv, cavité palléale; v, glandes salivaires; vi, œsophage; vii, muscles; viii, conduit génital hermaphrodite; ix, glande muqueuse; x, glande albuminipare.

PLANCHE XXIV.

Fig. 209. — *Chilina Mülleri,* vu du côté droit, un peu ventralement, × 7. I, ouverture de la cavité palléale; II, orifice mâle; III, tentacule; IV, bouche; V, pied; VI, orifice femelle caché sous le lobe palléal inférieur; VII, lobe palléal inférieur; VIII, anus.

Fig. 210. — *Chilina,* système nerveux vu dorsalement, × 32. I, ganglion pédieux; II, ganglion pleural droit; III, ganglion stomato-gastrique; IV, ganglion supra-intestinal; V, osphradium; VI, bulbe buccal; VII, commissure viscérale; VIII, nerf génital; IX, ganglion abdominal; X, œsophage; XI, ganglion infra-intestinal; XII, ganglion pleural gauche; XIII, ganglion cérébral.

Fig. 211. — *Chilina,* coupe transversale, × 15. I, cavité buccale dans laquelle s'ouvre le cæcum radulaire; II, cavité palléale; III, péricarde et cœur; IV, poche copulatrice; V, œsophage; VI, ganglion abdominal; VII, bord gauche du manteau; VIII, ganglion pédieux; IX, lobe palléal inférieur; X, orifice femelle; XI, spermiducte; XII, rein.

Fig. 212. — *Chilina,* coupe transversale de la partie antérieure de la cavité buccale, × 64. I, mandibule; II, cavité buccale.

Fig. 213. — *Amphibola nux avellanæ,* vu antérieurement un peu du côté droit, × 3. I, limite droite de la cavité palléale; II, place de l'osphradium; III, œil; IV, bouche; V, pied contracté (les deux moitiés repliées l'une sur l'autre); VI, ouverture de la cavité palléale; VII, opercule; VIII, lobe palléal inférieur; IX, anus; X, situation de l'orifice rénal.

Fig. 214. — *Amphibola nux avellanæ,* système nerveux central, vu dorsalement, × 15. I, ganglion pédieux avec l'otocyste; II, ganglion pleural droit; III, ganglion supra-intestinal; IV, ganglion abdominal; V, ganglion stomato-gastrique; VI, commissure viscérale; VII, ganglion infra-intestinal; VIII, ganglion pleural gauche; IX, ganglion cérébral.

Fig. 215. — *Amphibola nux avellanæ,* coupe d'une partie de la glande génitale, × 64

PLANCHE XXV.

Fig. 216. — *Amphibola nux avellanæ,* partie antérieure du tube digestif, × 3. I, protracteur du bulbe; II, bulbe; III, glande salivaire; IV, renflement musculeux de l'œsophage; V, cæcum œsophagien; VI, gésier musculaire; VII, intestin; VIII, estomac; IX, renflement œsophagien à parois minces; X, radule.

Fig. 217. — *Amphibola nux avellanæ,* coupe sagittale du rein, × 15. I, ouverture extérieure du rein; II, manteau; III, cloisons rénales.

Fig. 218. — *Amphibola nux avellanæ*, pénis, × 8 environ. i, orifice du spermiducte ; ii, orifice de la prostate ; iii, niveau de la coupe figure 220.

Fig. 219. — *Amphibola nux avellanæ*, organes génitaux, vus dorsalement, × 3 environ. i, cloaque génital ; ii, oviducte ; iii, glandes femelles accessoires ; iv, glande hermaphrodite ; v, conduit hermaphrodite ; vi, spermiducte ; vii, prostate ; viii, pénis.

Fig. 220. — *Amphibola nux avellanæ*, coupe transversale du pénis, × 8. i, spermiducte ; ii, conduit de la prostate.

Fig. 221. — *Omalogyra*, trois dents de la radule, vues latéralement, × 320 environ, d'après Sars.

Fig. 222. — *Trochus umbilicaris*, vu du côté droit, les organes superficiels vus au travers du manteau, × 4. i, rein droit ; ii, branchie ; iii, anus ; iv, cavité palléale ; v, tête ; vi, pied ; vii, opercule ; viii, columellaire ; ix, foie ; x, glande génitale ; xi, intestin ; xii, rein gauche.

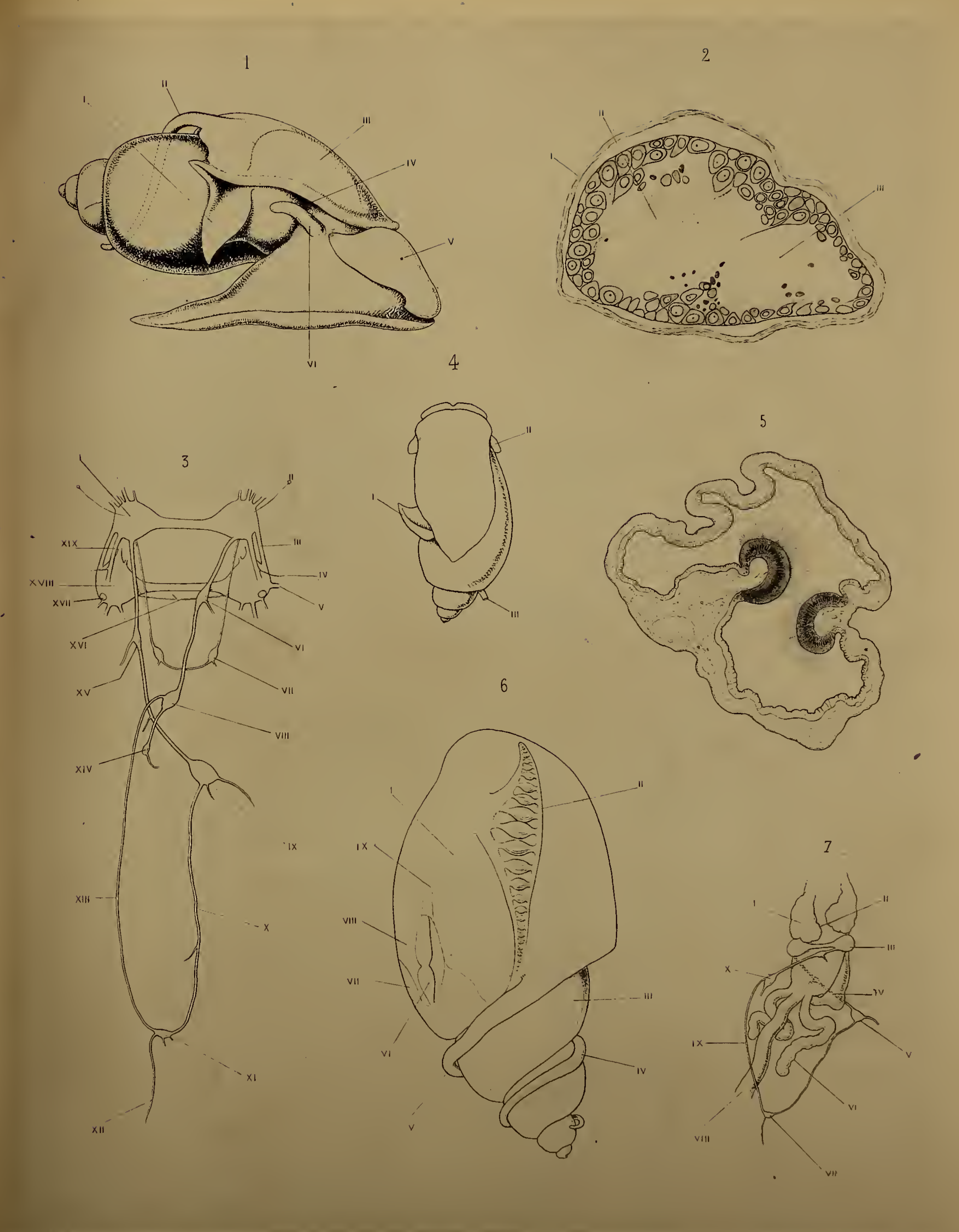
Fig. 223. — *Trochus magus*, plafond de la cavité palléale, vu ventralement, × 4. i, bord libre du manteau ; ii, branchie ; iii, glande hypobranchiale ; iv, orifice du rein gauche ; v, intestin ; vi, orifice du rein droit ; vii, anus.

Fig. 224. — *Trochus umbilicaris*, coupe sagittale, × 15. i, intestin ; ii, rein gauche (« sac papillaire ») ; iii, sacs œsophagiens ; iv, cavité palléale ; v, cartilage radulaire ; vi, sac radulaire ; vii, intestin ; viii, ganglion abdominal ; ix, columellaire ; x, rein droit (contenant des œufs) ; xi, ovaire ; xii, foie ; xiii, estomac ; xiv, foie.

Fig. 225. — *Bulimus decollatus*, ganglions infra-œsophagiens, vus dorsalement, × 10 environ. i, ganglion pédieux ; ii, ganglion supra-intestinal ; iii, ganglion abdominal ; iv, ganglion infra-intestinal ; v, ganglion pleural gauche.

Fig. 226. — *Omalonyx unguis*, centres nerveux, vue aborale, × 20. i, ganglion supra-intestinal ; ii, ganglion cérébral ; iii, ganglion pleural droit ; iv, ganglion pédieux droit ; v, ganglion abdominal ; vi, ganglion infra-intestinal ; vii, ganglion pleural gauche.

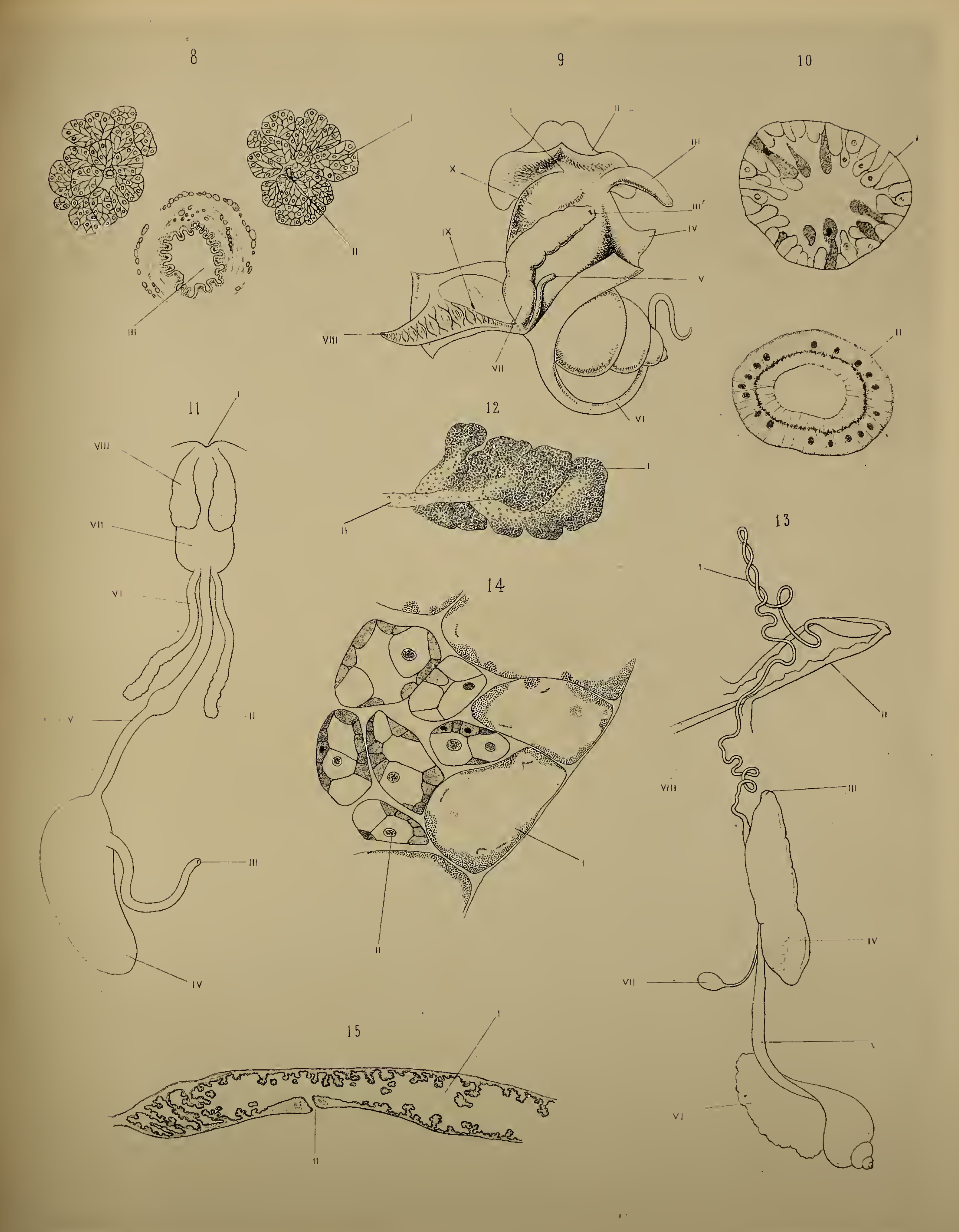
Fig. 227. — Schéma de la position du cœur et de la branchie : i, chez *Actæon* et les Prosobranches ; ii, chez *Scaphander* ; iii, chez *Doridium*.



Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris.

Actæon tornatilis.

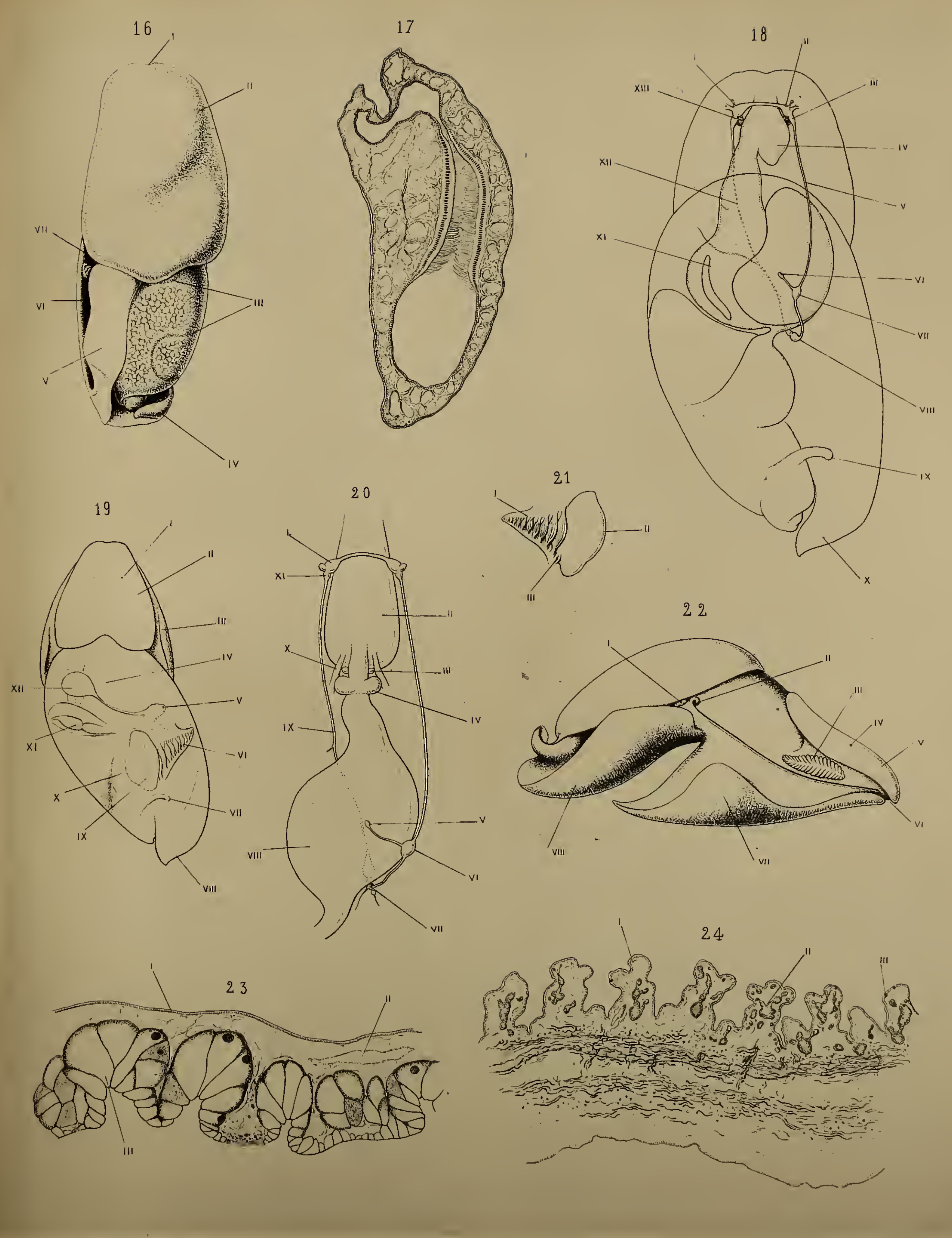

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.



Paul Pelseneer, del.

Actæon tornatilis.

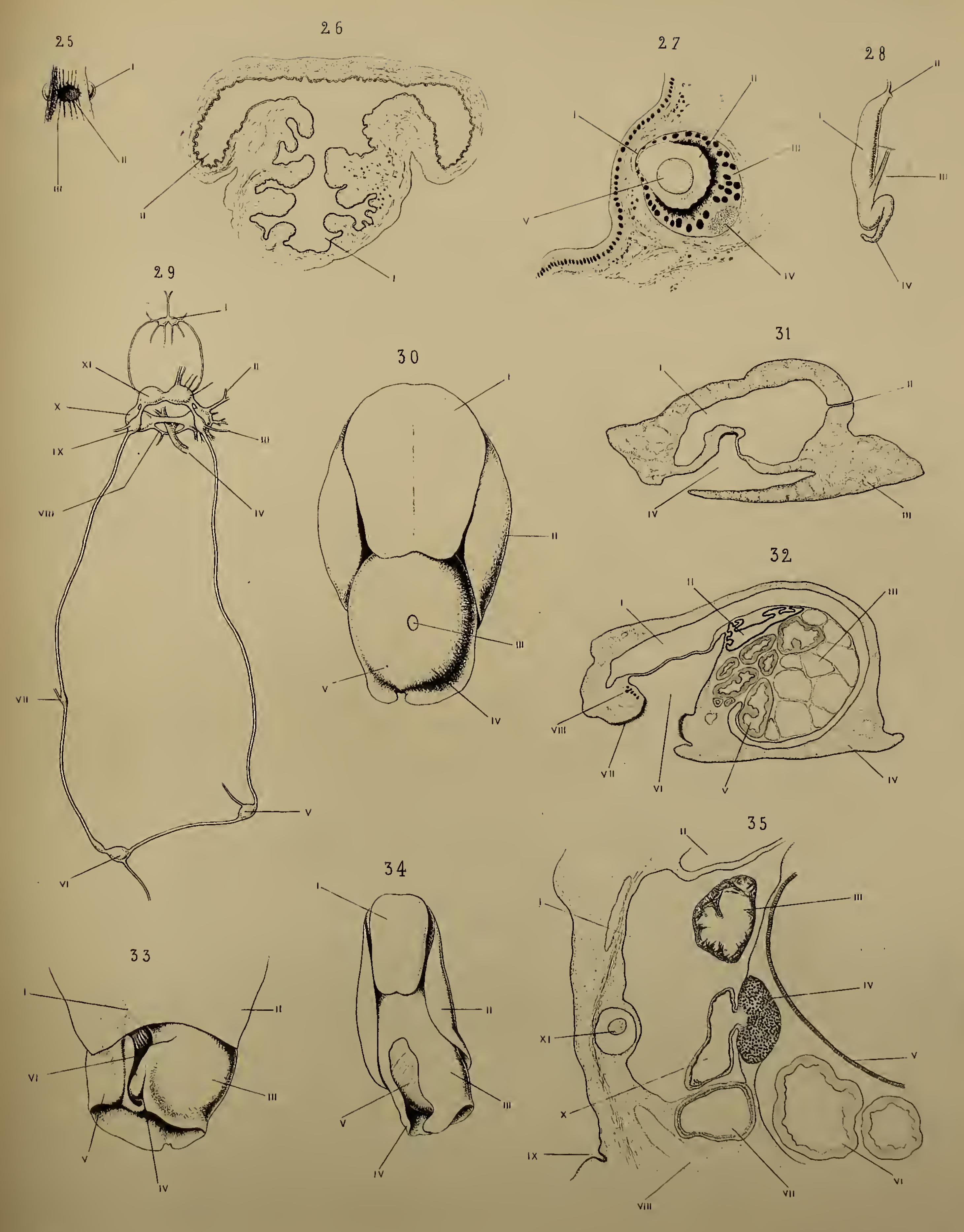




Paul Pelseneer, del. Phototyp. Bertrand, Paris.

Scaphander (16 à 19 et 21); Bulla (20 et 22 à 24).


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

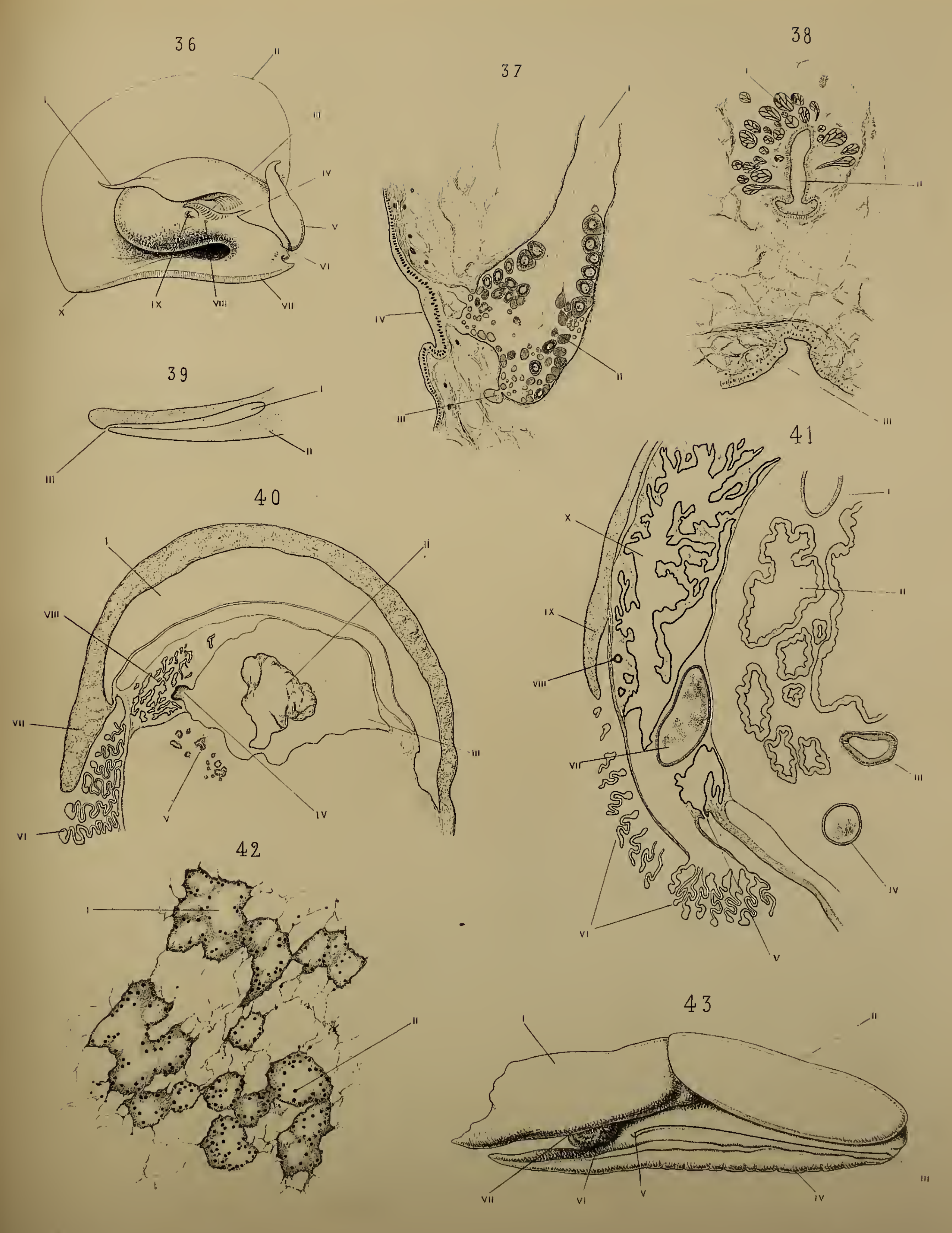


Paul Pelseneer, del.

Phototypie Berthaud, Paris.

Bulléens.

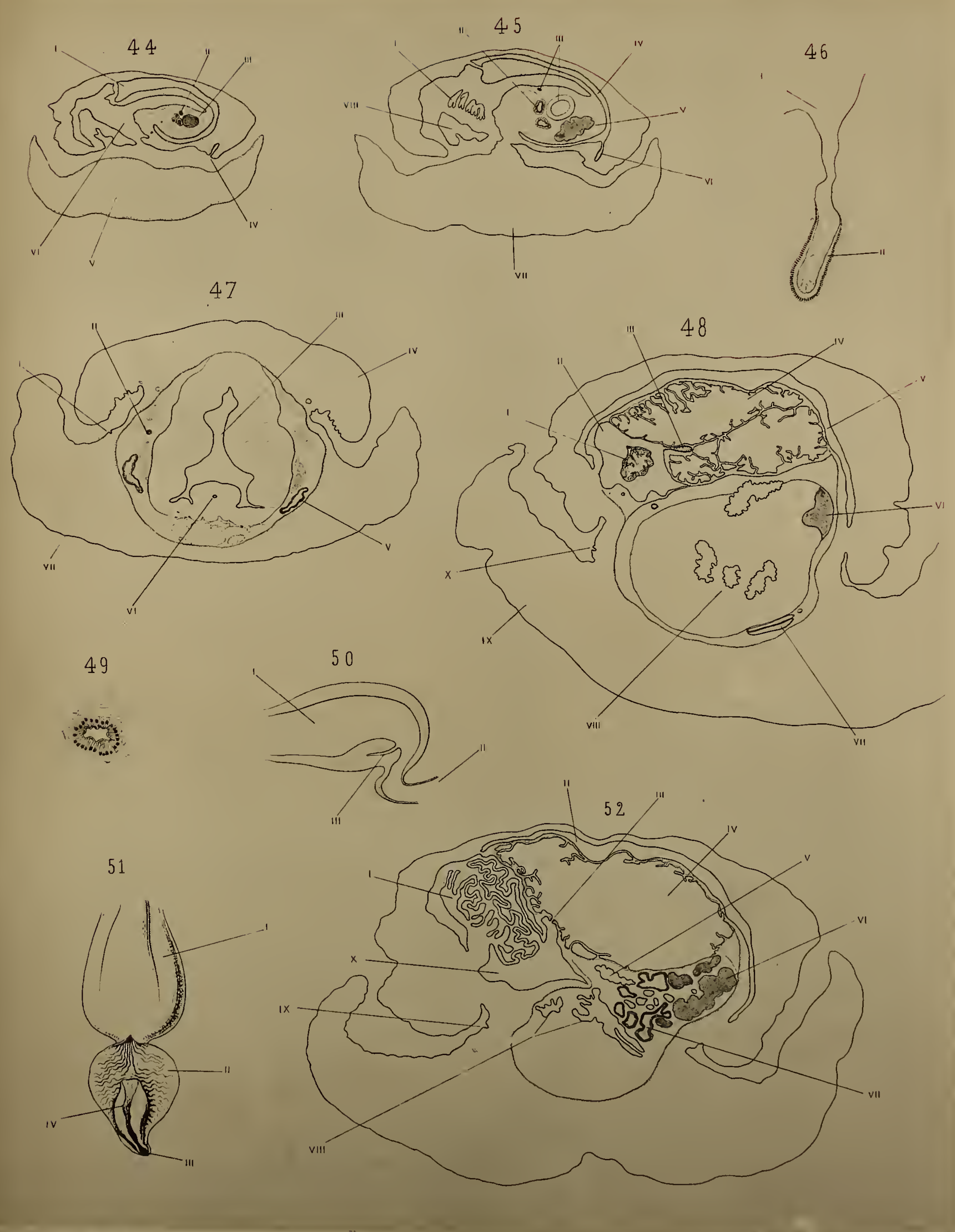

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.



Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris.

Gastropteron (36 à 42); Doridium (43).

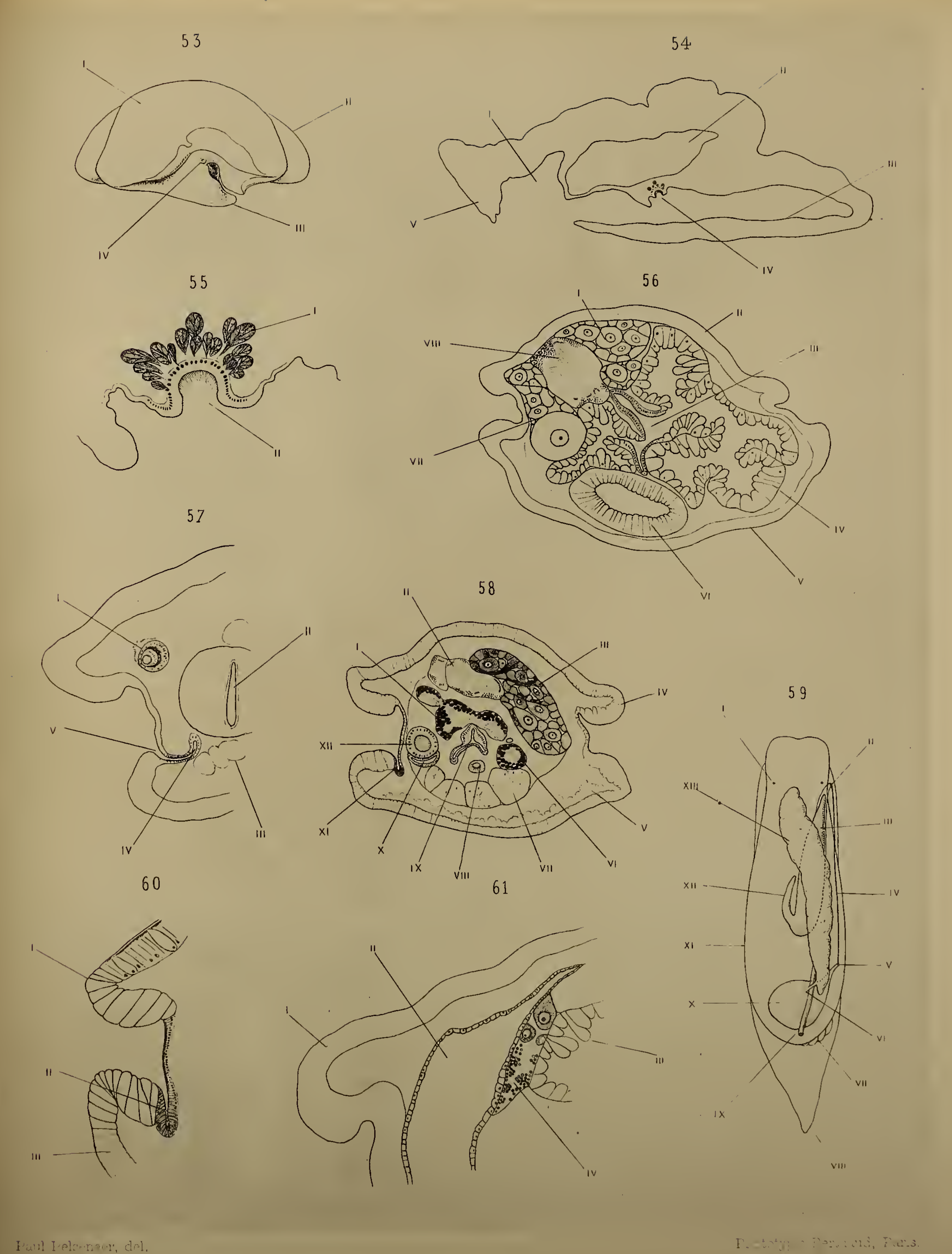




Paul Pelseneer, del.

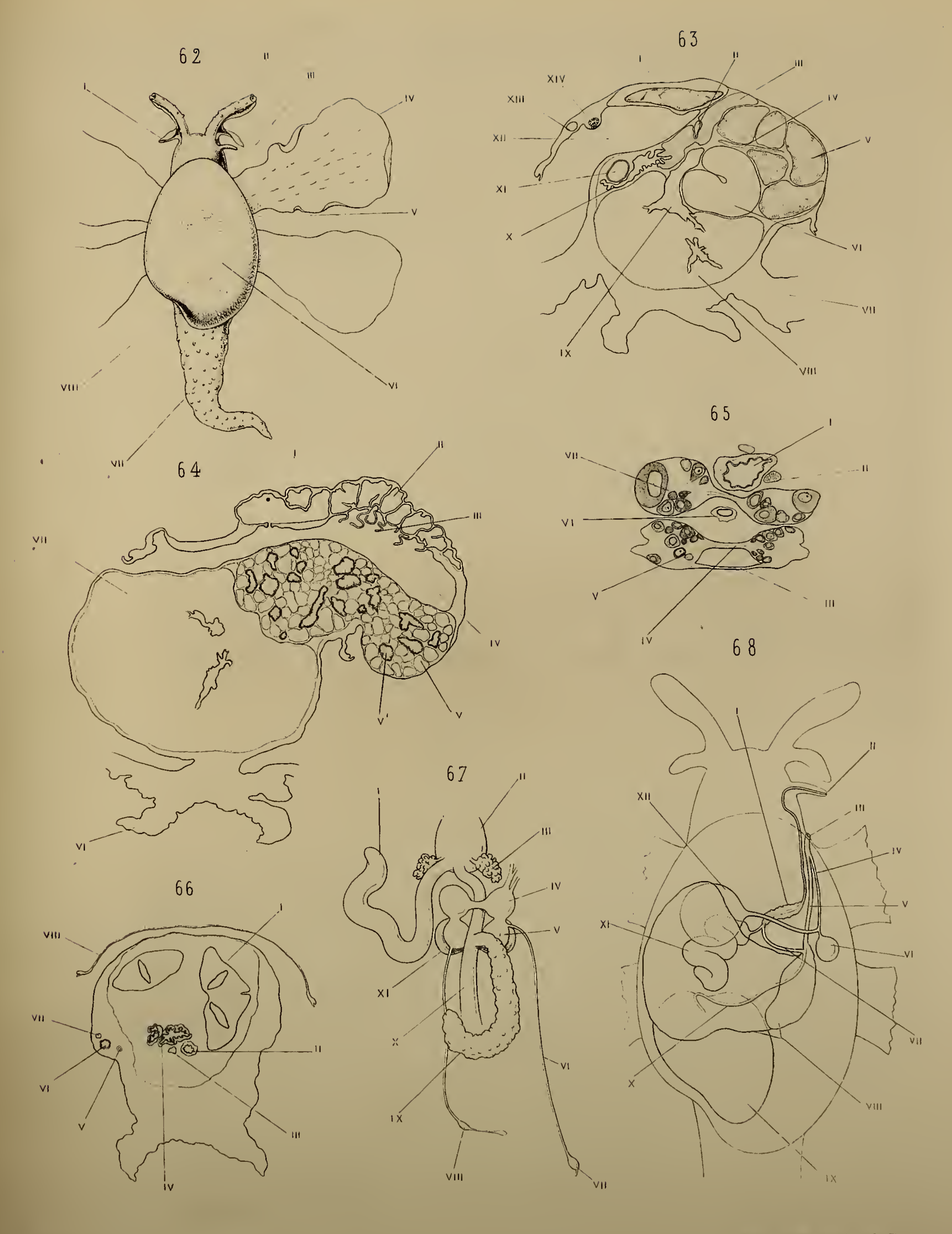
Doridium.


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.



Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris.

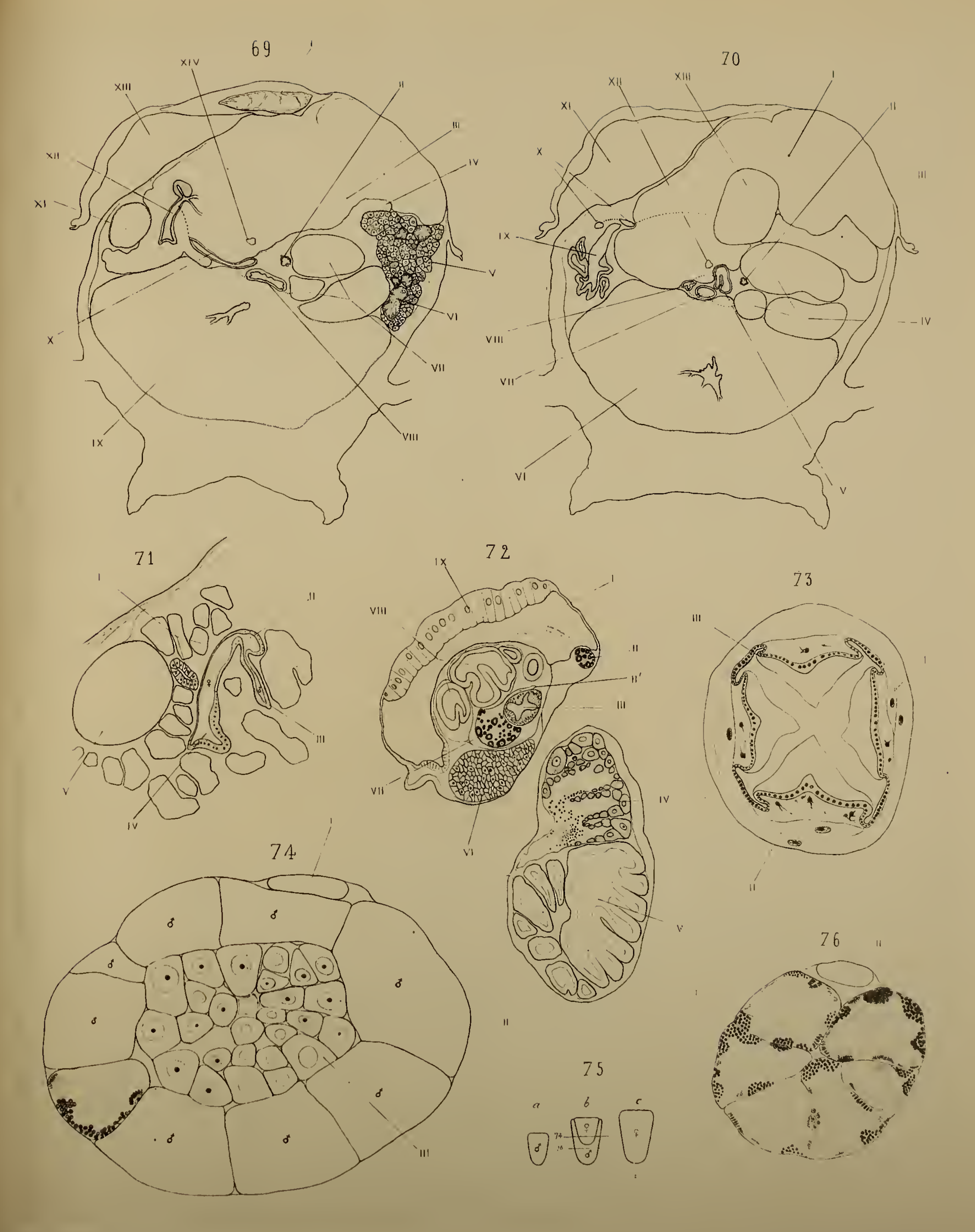
Philine (53 à 55); Pelta (56 à 61).



Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris.

Lobiger.


BRITISH MUSEUM

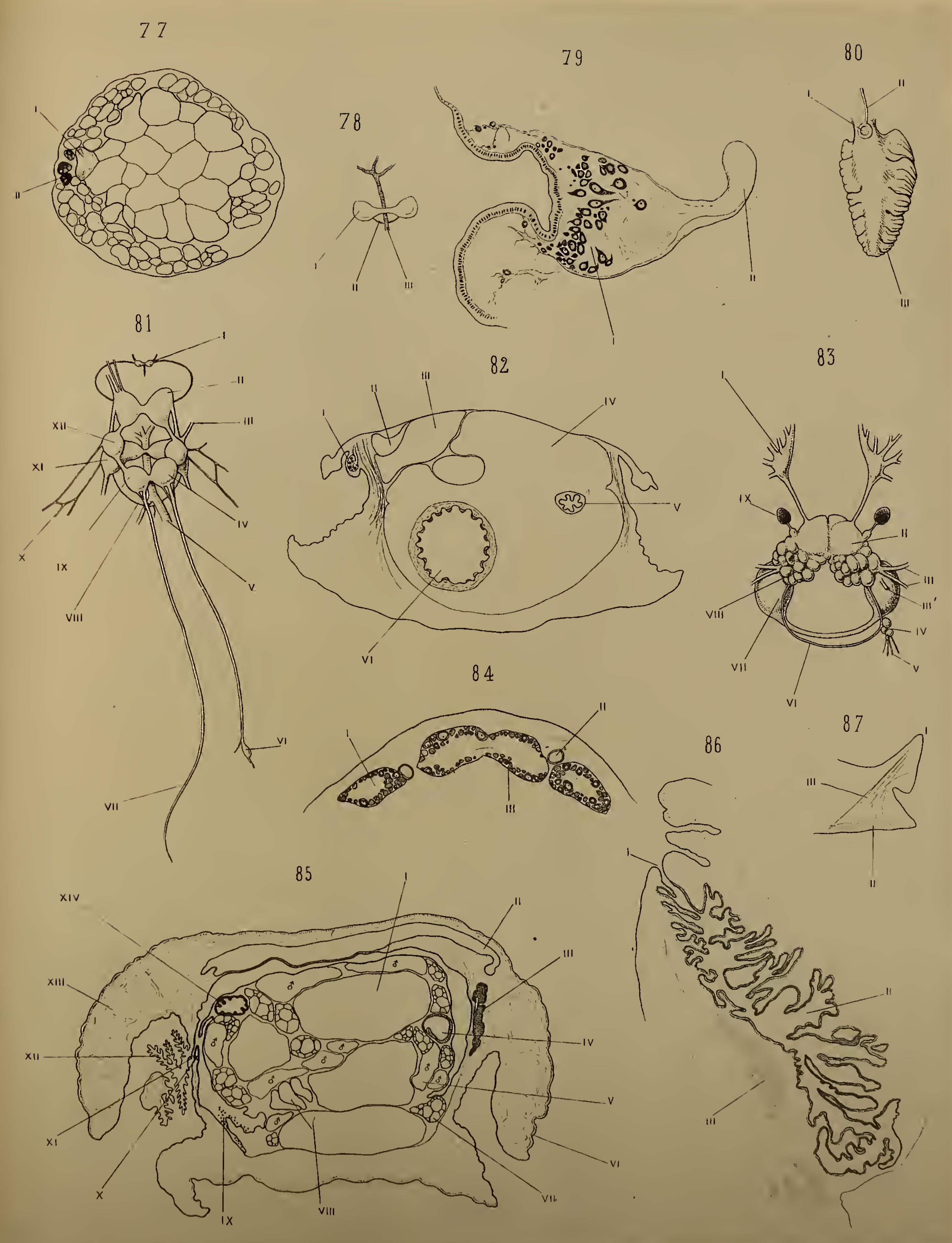


Paul Pelseneer, del.t

Phototypie Berthaud, Paris.

Loligo (69 à 71); Thécosomes (72 à 76).





Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris

Aplysiens (77 à 81), Pleurobranchiens (82 à 87).



88

89

91

92

95

97

Jos. Lefèvre, del.

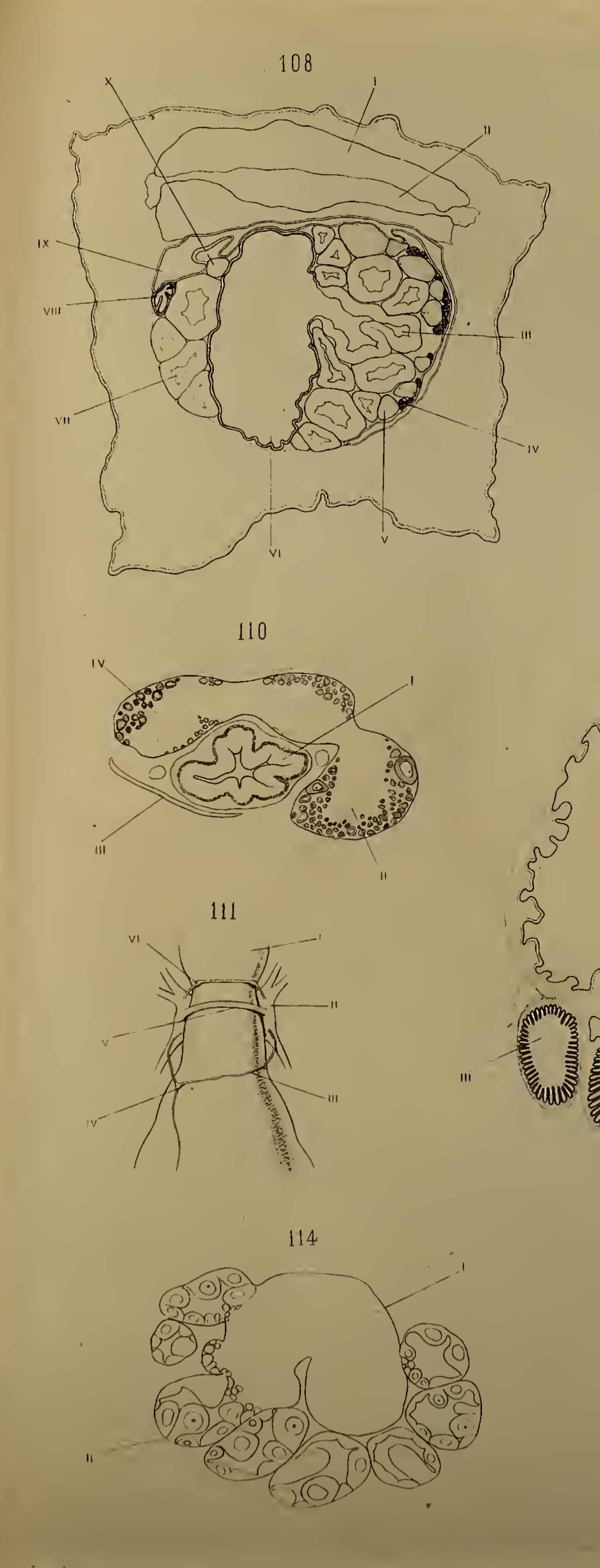

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

100

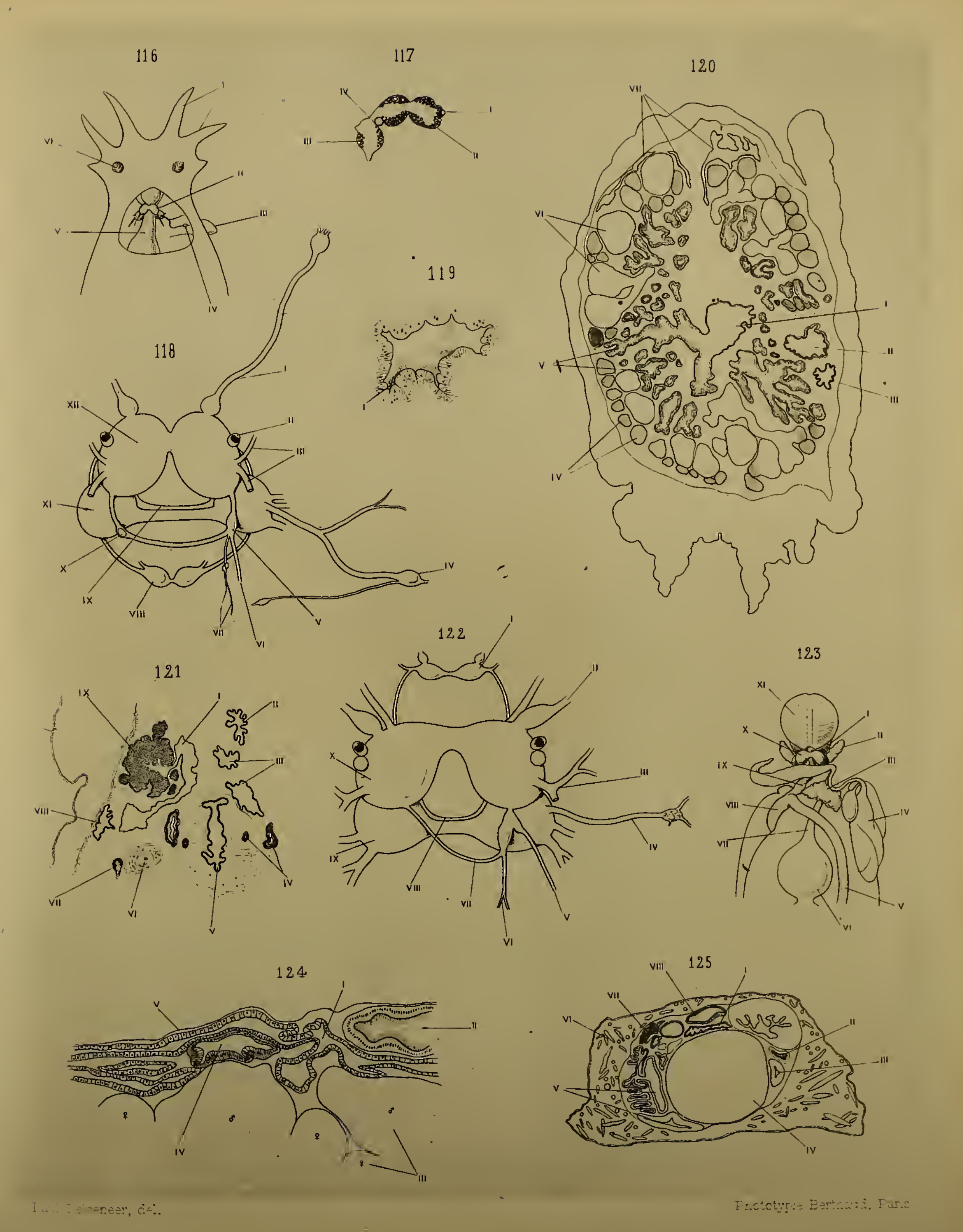
103

105


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY


108
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
110
I
II
III
IV
111
I
II
III
IV
V
VI
114
I
II
III

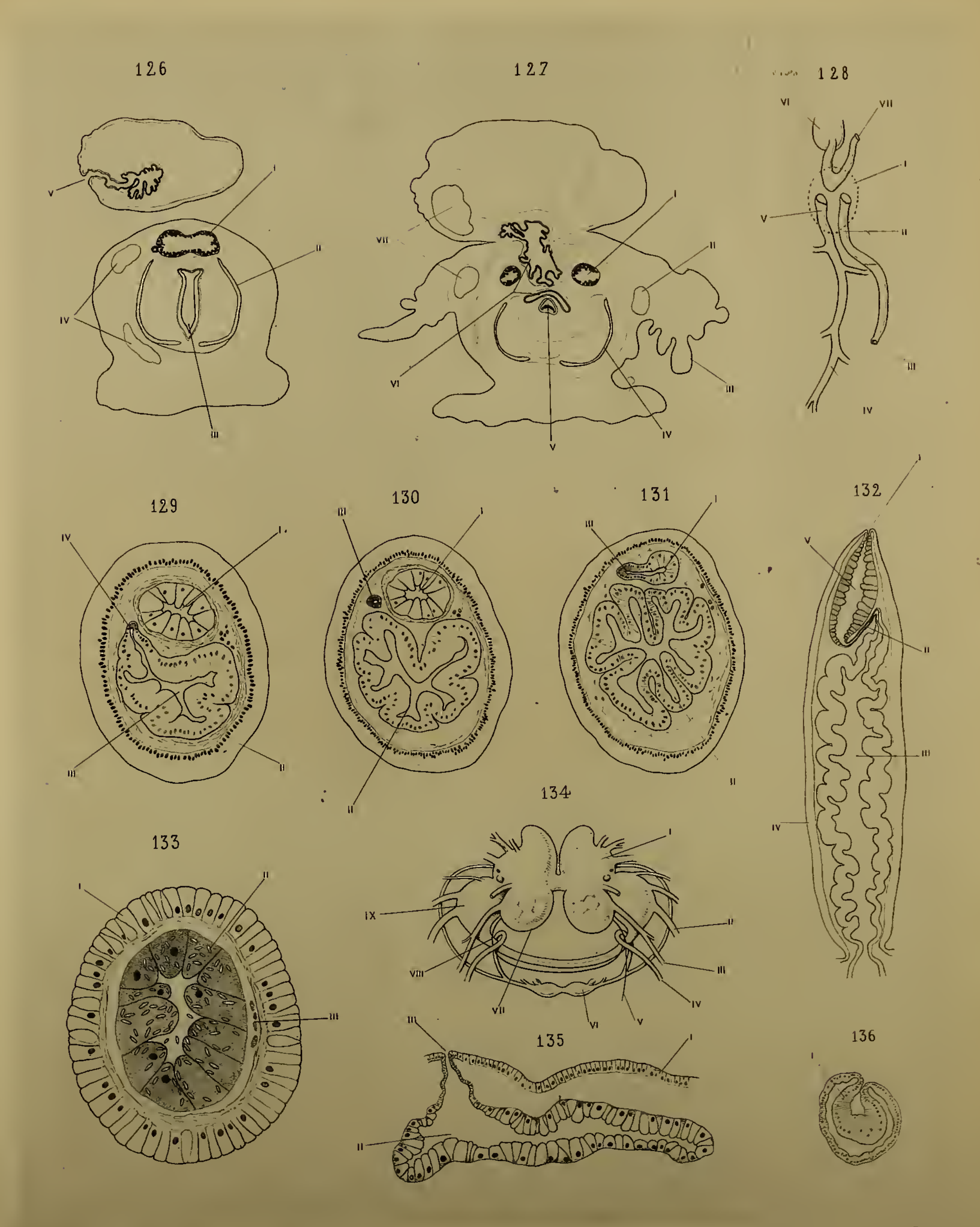

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.



Paul Pelseneer, del. Phototypie Berthaud, Paris

Polycera (116 à 121), Goniodoris (122 à 125).


BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.

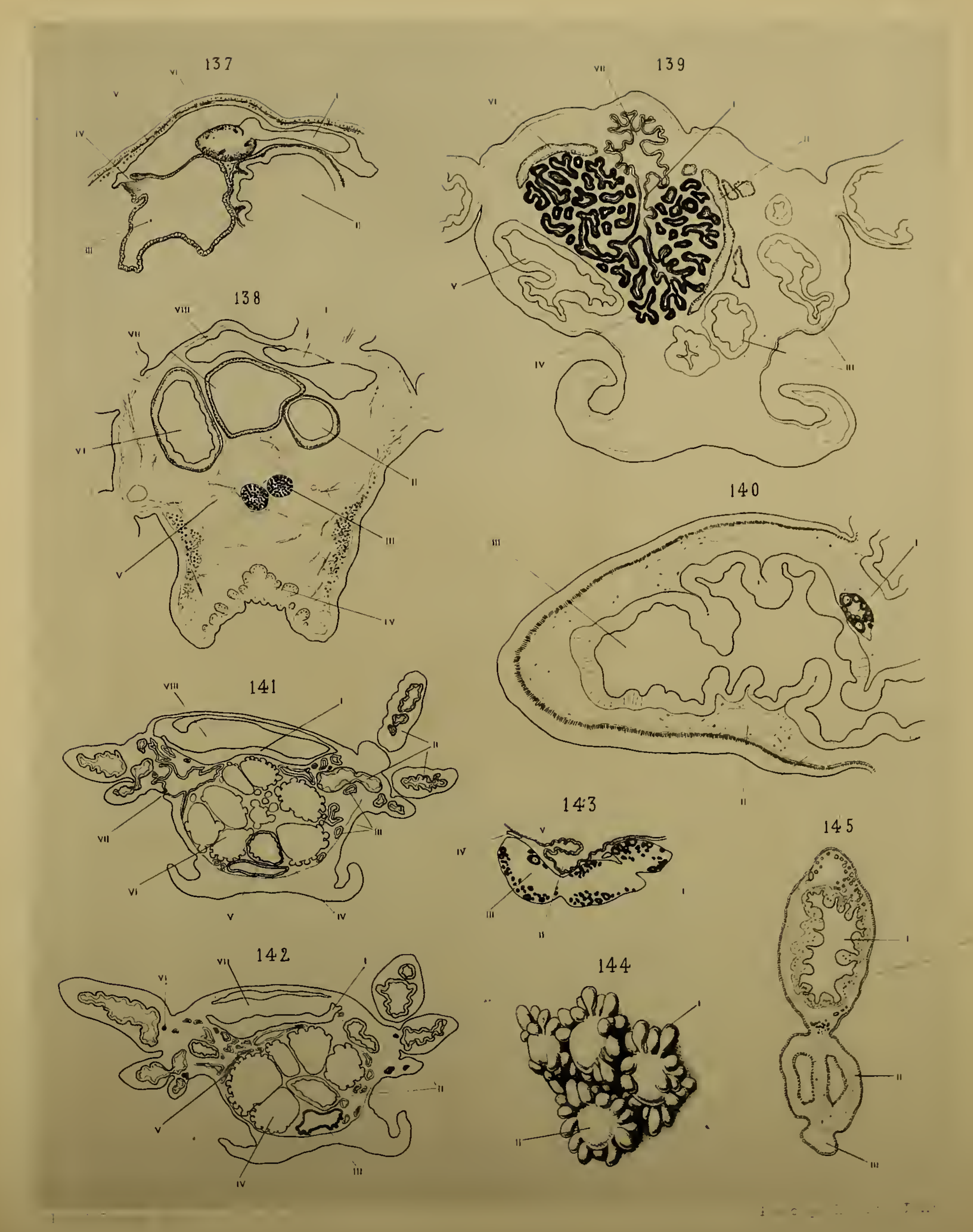


Paul Pelseneer, del.

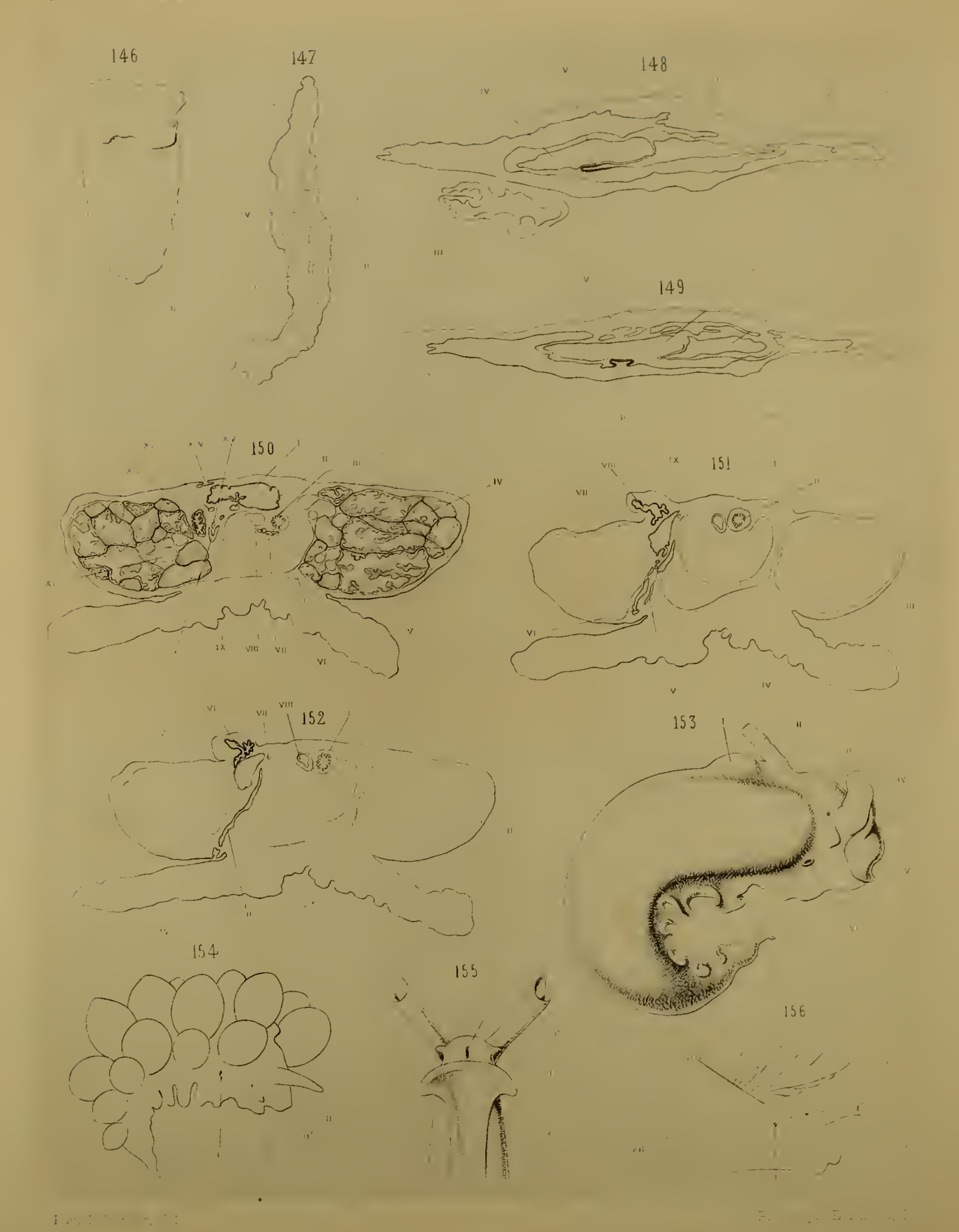
Phototypie Berthaud, Paris.

Eolis.

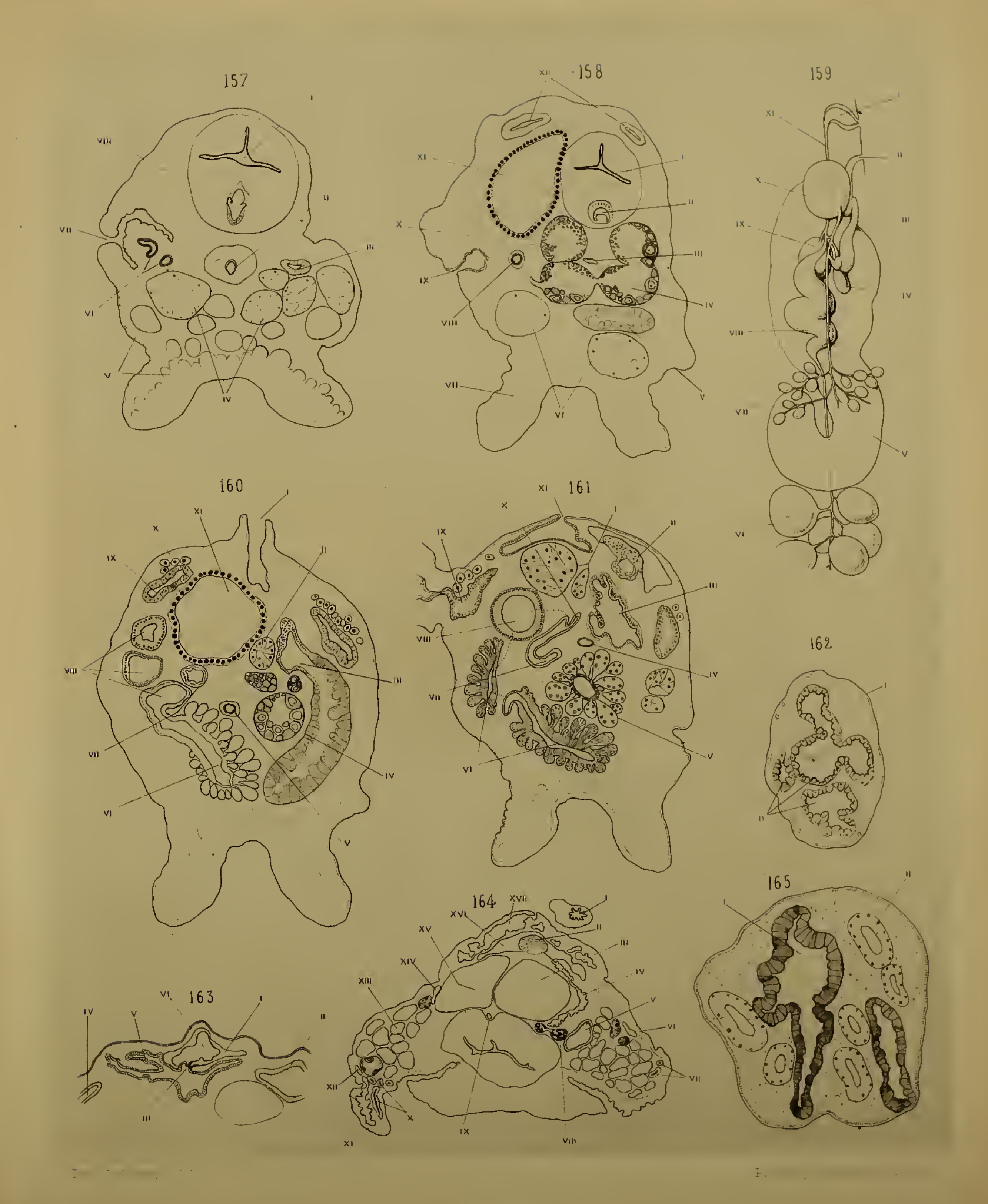



137
VI
V
IV
I
II
III
138
VIII
I
VII
VI
II
III
V
IV
139
VII
VI
I
II
V
IV
III
140
III
I
II
141
VIII
I
II
III
VII
VI
V
IV
142
VII
VI
I
II
V
IV
III
143
V
IV
I
III
II
144
I
II
145
I
II
III

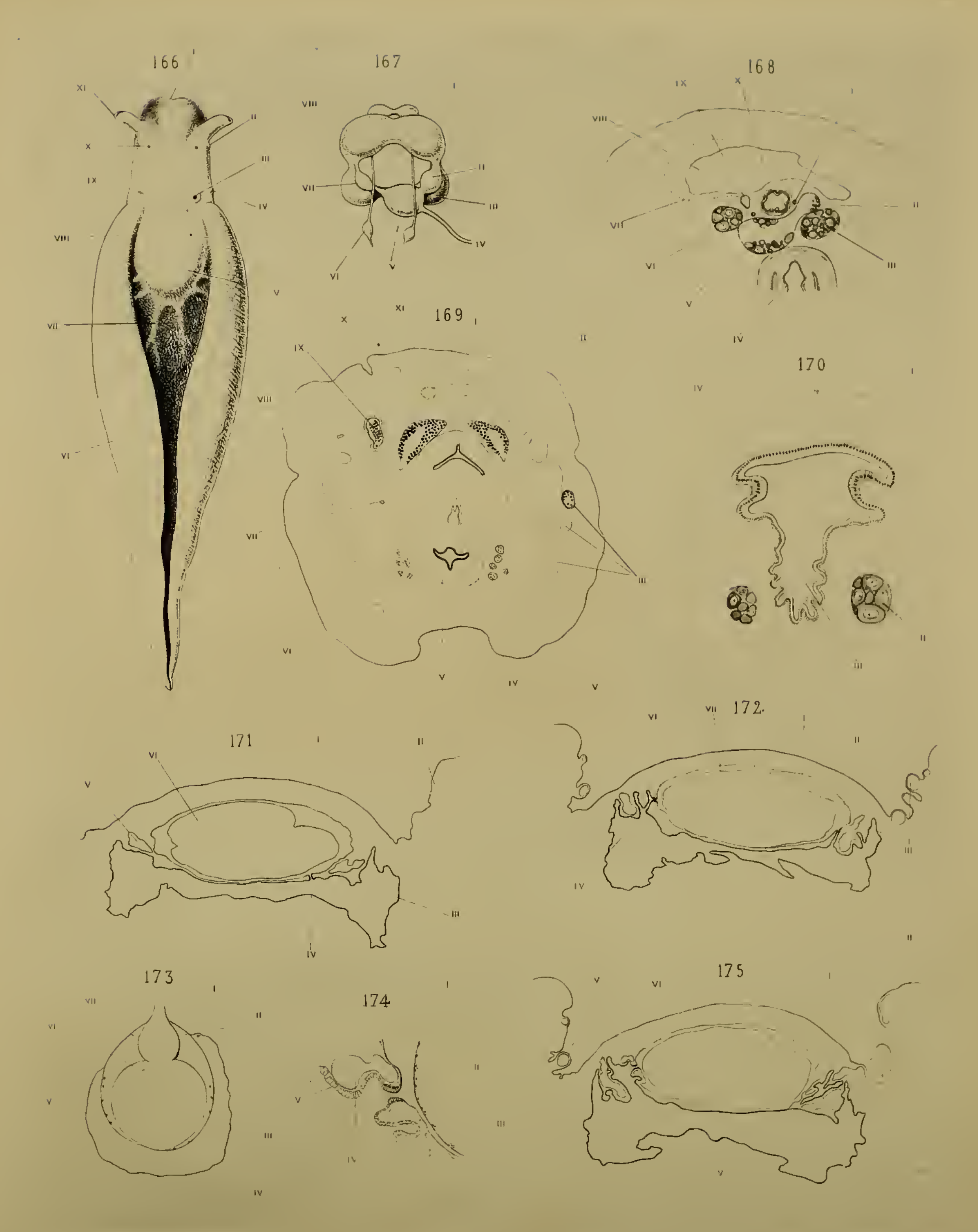



146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156

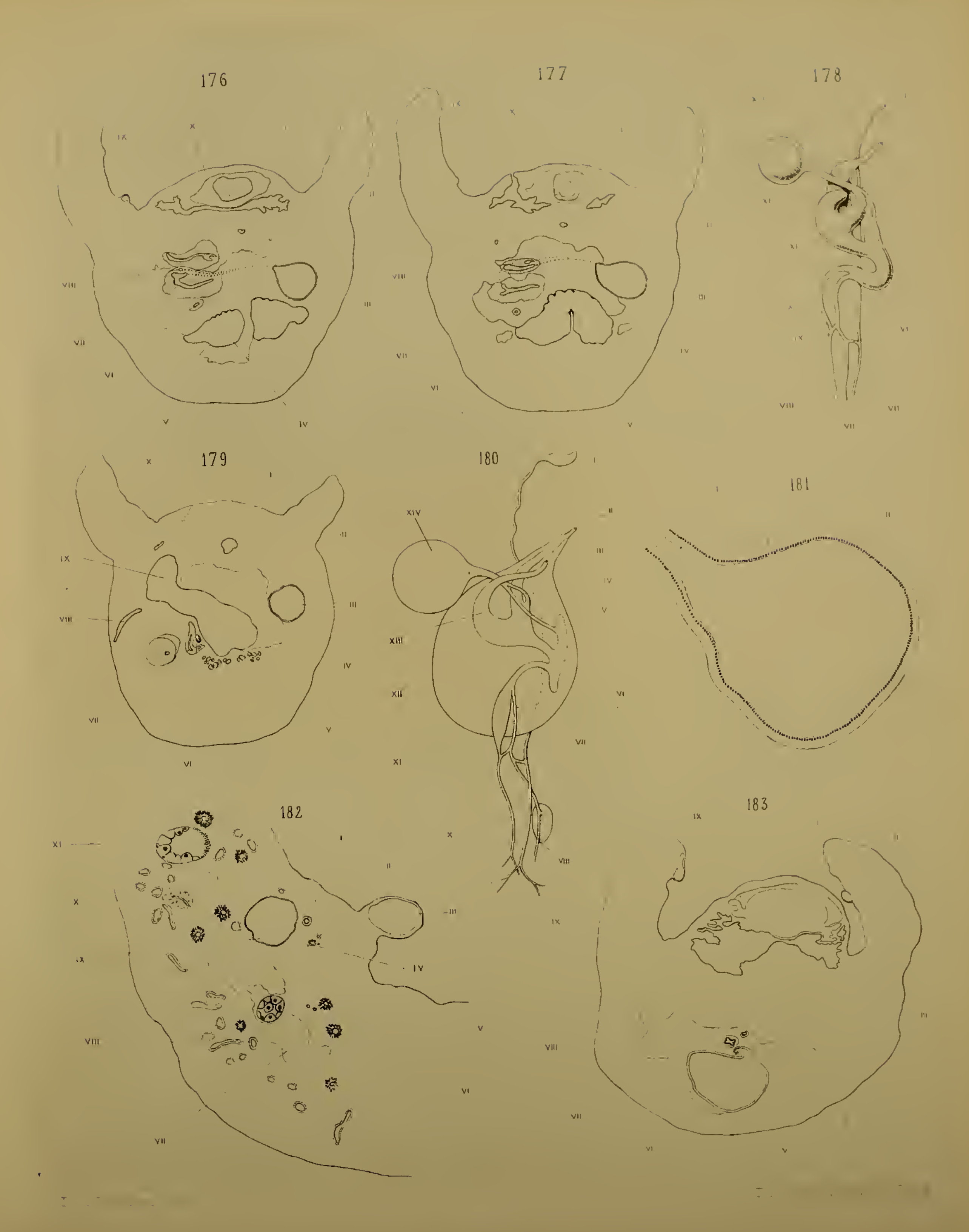

BRITISH MUSEUM
NATURAL HISTORY.


157
158
159
160
161
162
163
164
165


BRITISH MUSEUM

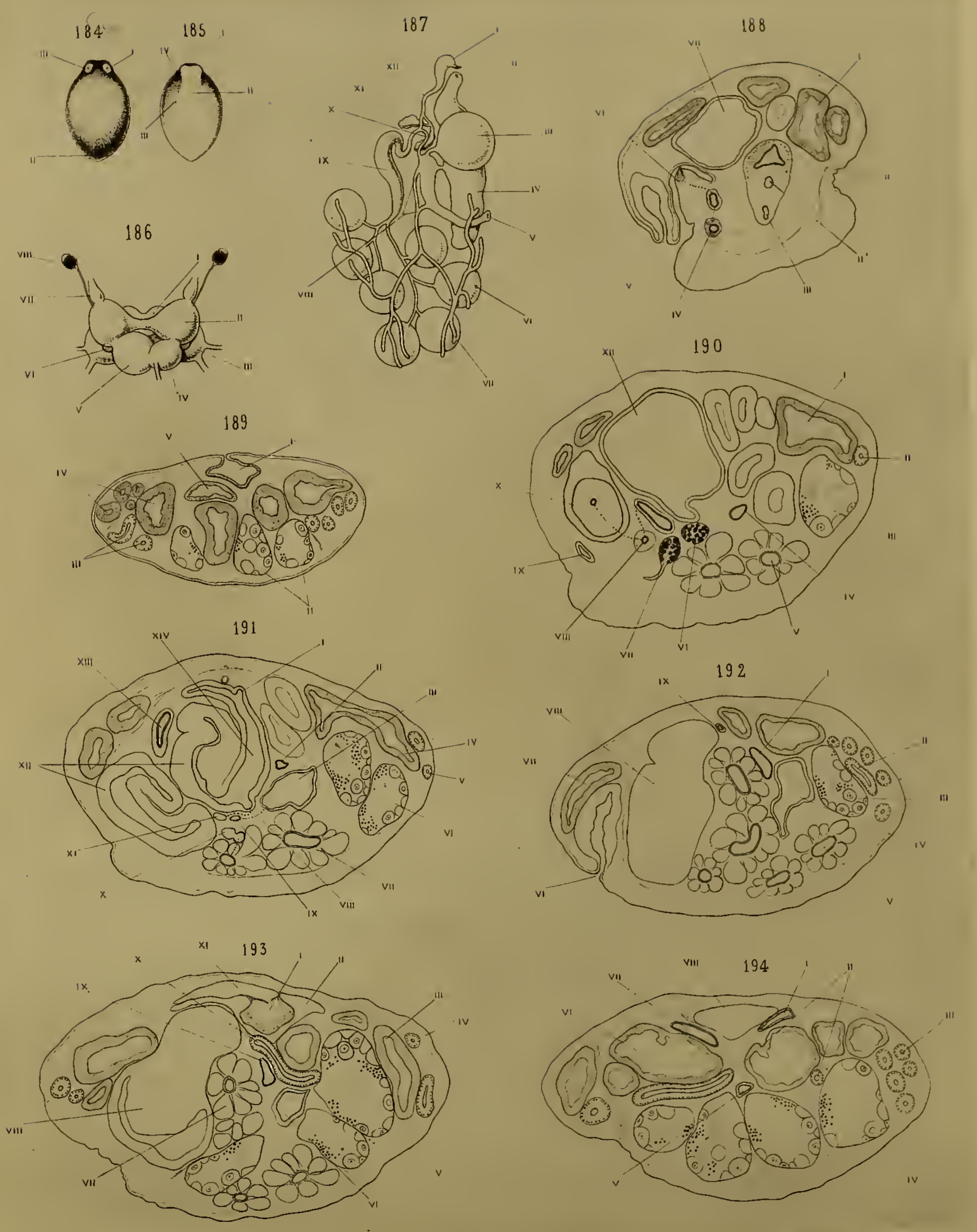


Paul Pelseneer, del.



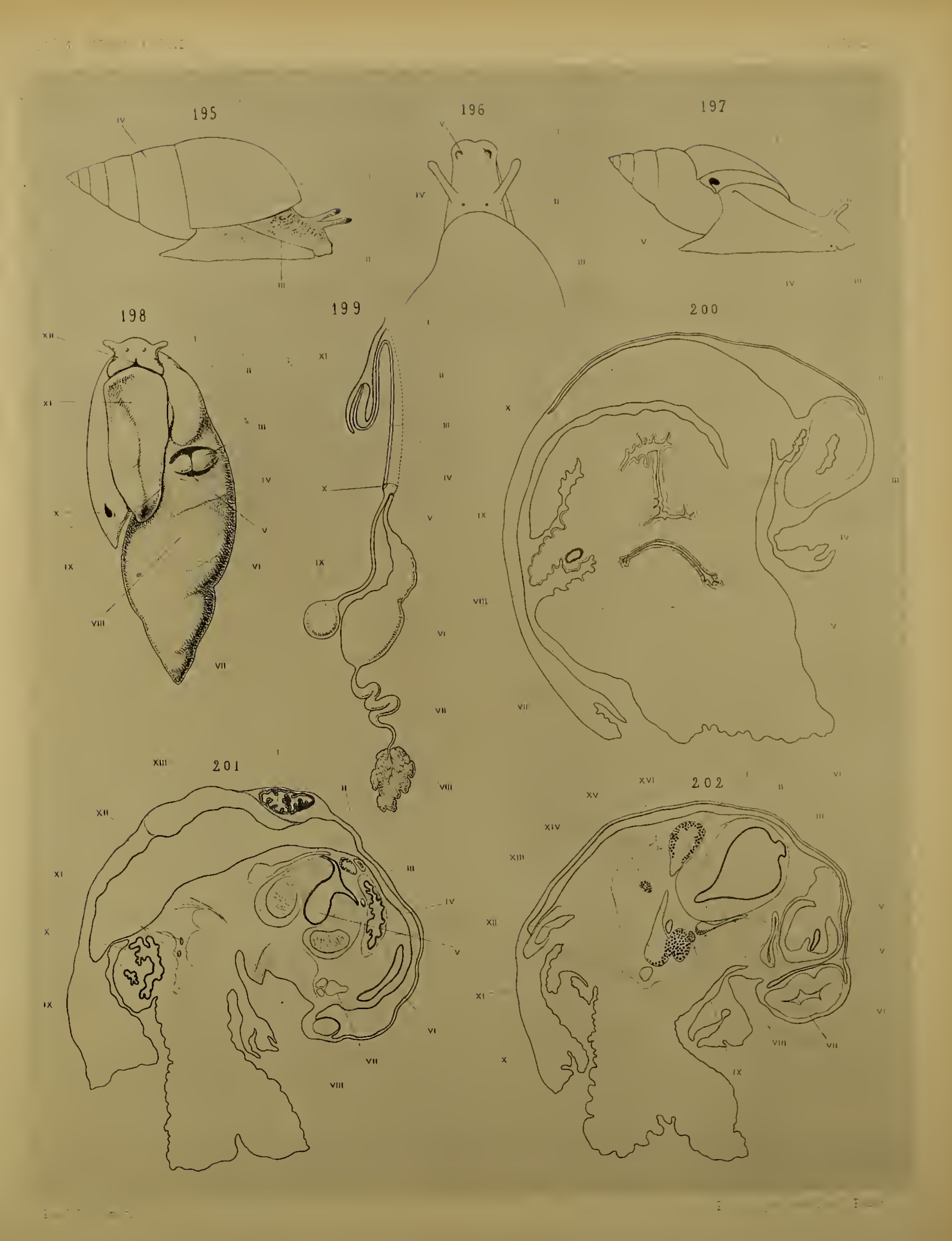
176
177
178
179
180
181
182
183

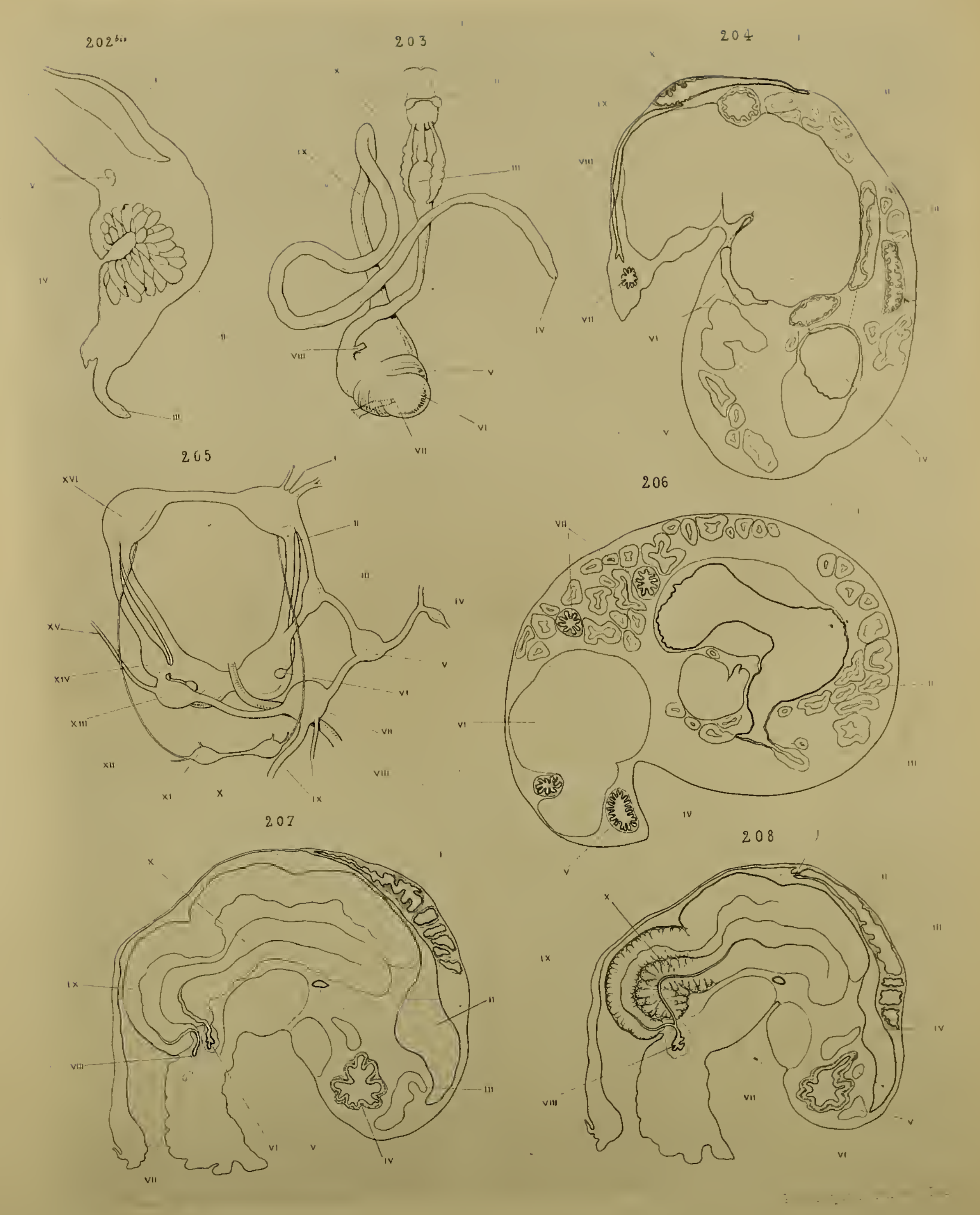

BRITISH MUSEUM
NATU... HISTORY.

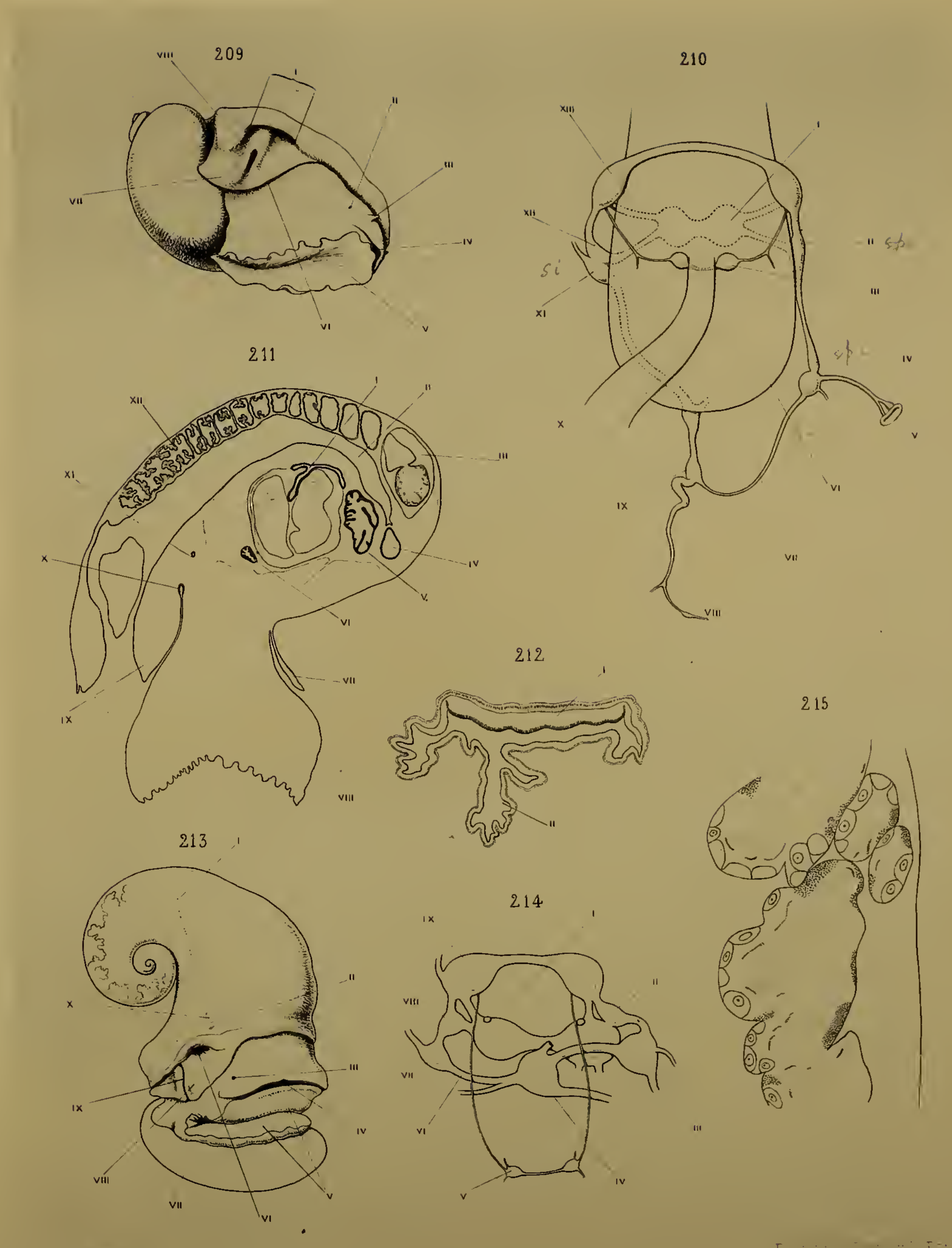


Paul Pelseneer, del.




195
196
197
198
199
200
201
202


202bis
203
204
205
206
207
208



Chiton (209–212), Amphibola (213–215).


216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII
IX
X
XI
XII
XIII
XIV

LES DUCS DE LOTHARINGIE

ET SPÉCIALEMENT CEUX

DE BASSE-LOTHARINGIE

AU Xe ET AU XIe SIÈCLE

DEPUIS L'AVÈNEMENT DE BRUNON

EN 953

JUSQU'A LA MORT DE GODEFROI DIT LE PACIFIQUE

EN 1023

par Paul ALBERDINGK THIJM
PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE LOUVAIN.

(Présenté à la Classe des lettres dans la séance du 13 juin 1892.)

Une guerre intestine avait éclaté à cette époque entre Otton et son fils Ludolphe; celui-ci s'était allié avec son beau-frère Conrad, surnommé le Roux, à qui Otton avait confié, en 944, le duché de Lotharingie.

Frédéric, archevêque de Mayence (937-954), d'accord avec d'autres prélats, poussait activement à la sédition [1], dont Mayence devint le centre. On voulait empêcher le roi Otton d'aller à Rome où il tenait à se faire sacrer empereur.

Semblable voyage était gros de charges et de sacrifices, non seulement pour les évêques tenus d'accompagner le souverain, mais aussi pour le peuple, à telles enseignes qu'au témoignage du contemporain Widukind [2], les séditieux comptaient au nombre de leurs partisans la majeure partie de la population.

Combinant leurs efforts afin de donner une extension plus considérable à la révolte, les neveux de Brunon provoquèrent le soulèvement des Bavarois, contre lesquels Otton se vit dès lors obligé de marcher.

Pendant que le roi guerroyait contre les Bavarois au sud-ouest, ses États étaient d'autant plus exposés au nord-ouest, que le comte de Hainaut venait d'embrasser la cause des Saxons révoltés. C'est là ce qui décida Brunon à accepter des mains de son frère l'administration des provinces occidentales du royaume.

Écrivain et savant plutôt que guerrier et homme d'État, il lui répugnait de cumuler des fonctions sacrées avec l'autorité civile; c'est ce qui a fait mettre en doute la sincérité de ses intentions [3].

Conrad fut l'ennemi le plus acharné de Brunon; toutefois, dépossédé par

[1] Widukind, *Res gestae Sax.*, II, 25; III, 15 (*Monum. germ. hist.*, SS., III, 453.). Voy. Ruotger, *Ibid.*, IV, 259. *Vita Brunonis*, I, 16.

[2] *Res gestae Sax.*, III, 22. (*Ibid.*, III, 455.) Chose curieuse, Widukind, un historien très consciencieux pourtant, passe sous silence le couronnement d'Otton, à Rome, quoiqu'il mentionne les principaux événements de son règne. C'est à peine s'il nomme le Souverain-Pontife.

[3] L'historien Gfrörer, commentant les écrits de Thietmar de Mersebourg et du *Continuator Reginonis* (*Monum. germ. hist.*, III, 750, et I, 622, a° 954), croit pouvoir en déduire que Brunon nourrit pendant quelque temps le projet de faire cause commune avec l'archevêque Frédéric de Mayence. (Voy. *Kirchengeschichte*, III, p. 1231.)

son beau-père, le roi d'Allemagne, il fut contraint de faire sa soumission à l'archevêque. Ludolphe ne tarda pas à suivre cet exemple. La guerre civile terminée, Brunon fit justice du comte Regnier II [1] de Hainaut, dont la conduite n'avait pas été moins perfide.

Gislebert, le fils aîné de Regnier au Long Col, eut en partage, d'après Richer, le titre honorifique de son père : *paternum honorem ;* il doit être considéré comme le quatrième duc de Lotharingie [2], dont la série fut interrompue par le règne du roi ou du vice-roi Zwentibold. Briguant la couronne royale de Lotharingie, il trahit tour à tour le roi de France et celui d'Allemagne. En dépit des menées de son père, le titre ducal fut concédé en 944, comme il est dit plus haut, à Conrad de Franconie, gendre du roi Otton.

Regnier, banni par Brunon, mourut en exil, l'an 957 [3].

Sur ces entrefaites, le roi Otton avait fait nommer aux sièges épiscopaux de Mayence [4] et de Trèves son fils naturel Guillaume (954) et son neveu Henri (956) [5] ; et comme Brunon veillait sur le Bas-Rhin [6], le roi d'Allemagne pouvait sans crainte s'acheminer vers la ville éternelle.

1 Quelques écrivains l'appellent du nom de Regnier III. Nous nous associons à l'opinion des historiens qui n'admettent que quatre personnages du nom de Regnier de Hainaut.

2 Cf. F. Brabant, S. J., *Étude sur Regnier au Long Col*, pp. 60 et suivantes. (Mém. cour. par l'Acad. de Bruxelles, t. XXXI, 1879), ainsi que le supplément n° 1 de ce mémoire.

3 Flodoard, *Annales ; Monum.* (Pertz), III, 404.

4 Widukind, III, 76 (*Monum.*, III, 465).

5 Flodoard, *Annales*, a. a. 956 (*Ibid.*, 403).

6 D'après *Reginonis Continuator*, a. a. 944 (*Monum.*, I, 622), et Thietmar, *Chron.* (*Ibid.*, III, 756), d'autres prélats avaient été empêchés de contrecarrer les desseins d'Otton.

II.

De la division de la Lotharingie en deux duchés, de Haute-et de Basse-Lotharingie.

---

1. Les ducs de Haute-Lotharingie.

Frédéric de Bar (959).

Au mois de septembre 953 [1], Otton I[er], roi d'Allemagne, conféra à son frère Brunon la dignité d'archevêque de Cologne et celle de duc de Lotharingie [2]. Il est avéré que Brunon dévolut à l'un de ses sujets le pouvoir de le remplacer (*vice sua*) dans les contrées situées au sud de la Moselle, et qu'il lui conféra le titre de duc (959).

L'historien Flodoard relate l'élection de ce duc ou sous-duc.

Contemporain des personnages dont il raconte l'histoire, hôte assidu de la cour, il est mieux que personne à même de nous éclairer sur le fait. Cependant il n'est pas encore démontré que l'on attacha une grande importance à la susdite nomination, vu que Flodoard annotait avec un soin méticuleux, mais sans triage, tous les événements remarquables ou insignifiants de la vie quotidienne.

Quant à Ruotger, il n'y fait pas la moindre allusion, ce qui permet de conclure à l'insignifiance relative du titre précité.

Constantinus, un chroniqueur du XI[e] siècle [3], parlant de la contrée où le délégué remplissait ses fonctions, dit :

« Théodoric » (le successeur du duc dont il s'agit) « exerçait le pouvoir

[1] J. B. Peiffer, *Histor.-kritische Beiträge zur Geschichte Bruns*, p. 45.
[2] Voir le supplément n° 1.
[3] *Vita Adalberonis* II, *Mettenses Episc.*; *Monum.*, IV, 664, n° 18.

administratif sur les habitants du pays situé en deçà et au delà de la Moselle, et en deçà et au delà de la Meuse. »

Il ne saurait évidemment être question ici du pays de Basse-Meuse, attendu que, dans ce cas, l'écrivain se fût exprimé d'une autre façon et qu'il eût constaté la puissance juridictionnelle dudit seigneur dans les districts d'Utrecht, de Gueldre, etc. C'est donc bien du pays de Moselle (*pagus Mossellania*) qu'il s'agit, pays désigné plus tard sous le nom de Haute-Lotharingie.

La résidence du duc (le château de Bar) était située sur la rive gauche de la haute Meuse, ce qui n'empêche pas qu'au XIIIe siècle le duc de Haute-Lotharingie ou de Bar fut souvent appelé duc de Nancy [1].

Flodoard nous donne le nom du nouveau duc. Il s'appelait Frédéric, portait le titre de comte et avait épousé la fille de Hugues Capet.

Il ressort de cette indication que le duc jouissait d'une haute considération; sinon le marcgrave Capet, le futur souverain de la France, ne lui eût point donné sa fille en mariage.

Frédéric avait conquis cette place élevée dans l'opinion publique par plusieurs actes qui témoignaient d'une grande énergie, non exempte cependant de despotisme et d'arbitraire.

Tenant avant tout à l'ordre et à la discipline, il n'hésita pas à réformer de son propre chef les monastères situés dans son comté, et, jaloux de son pouvoir, il en assuma même la surveillance en qualité d'abbé laïque [2].

Tel fut le cas pour les abbayes de Moyenmoutiers (*Modianum monasterium*), dans les Vosges, de Saint-Dié ou Diey (*Deodatus, qui dicitur Galilæa*), dans le pays de Meuse, et de Saint-Mihiel-sur-Meuse (*in pago Virdunensi*) [3].

Lorsque Frédéric, tout occupé d'accroître son pouvoir, édifia dans le diocèse même de Verdun, sur les limites de la Lotharingie et de la Champagne, le château de Bar, ou plutôt lorsqu'il le fit agrandir et fortifier [4], il

[1] *Monum.* (Pertz), XXIII, *Chron. Alberici*, 777, a° 998.

[2] *Monum.* (Pertz), SS., IV, 80 : « Frederico..... intererat per id tempus monasterii dispositio ».

[3] *Monum.*, IV, pp. 80 et suivantes.

[4] Flodoard enregistre cet événement en 967. Toutefois le château datait de trois cents à quatre cents ans.

se vit forcé de mettre un frein à son ambition démesurée et de se dépouiller de son autorité d'abbé laïque.

Pourtant, il sut encore *per fas et nefas* se réserver l'inspection de l'abbaye de Saint-Mihiel. Ce cloître étant de par sa situation géographique privé de la protection du roi de France, Frédéric le soumit aisément à son pouvoir. Et, tout en le gratifiant en apparence de sa haute faveur, il détourna des revenus du monastère des sommes considérables pour les affecter à l'accroissement de son domaine particulier [1]. Non content de ces malversations, il alla même jusqu'à léguer à ses propres héritiers les droits qu'il s'était arrogés.

Bref, nous voyons par ce qui précède que Frédéric était un puissant seigneur, qui s'entendait à se faire respecter de ses vassaux.

Brunon lui-même semble s'être laissé influencer par le prestige de ce puissant personnage, au choix duquel la crainte plutôt que le libre arbitre paraît avoir présidé.

Les chroniqueurs de l'époque affirment que « les habitants de la Lotharingie ayant réclamé à cor et à cri l'élection de Frédéric », Brunon se vit forcé de les satisfaire.

Flodoard s'exprime de la façon suivante : « Il régnait dans ces parages un tel désarroi, un si grand libertinage, que pareille nomination seule pouvait avoir raison [2] du désordre. Les faits et gestes de Frédéric prouvent clairement que Brunon, en jetant sur lui son dévolu, n'agit pas en pleine liberté d'action ».

Loin de savoir gré à Brunon de l'avoir élevé à de si hautes dignités, le duc avait coutume de signer : « Frédéric, duc par la grâce de Dieu et le suffrage des Francs » [3], etc.

« L'investiture de Conrad, dit Flodoard, était allée à l'encontre des

[1] *Monum.*, ibid.

[2] *Monum.*, III, 404 : « Lotharienses a Brunone duce desciscunt suadente quodam Immone, propter oppida quæ idem dux everti præcipiebat, aliaque onera ipsis insueta, quae illis imponere velle ferebatur. Quibus postmodum revocatis Fredericum quemdam comiten in vice sua præfecit ».

[3] *Histoire de Metz, par deux religieux bénédictins*, III, p. 73, n° 1600, a° 959.

désirs du peuple, et apparemment, poursuit-il, il devait exister des agents poussant Frédéric à briguer la dignité de duc et à se faire reconnaître en cette qualité par le peuple de la Haute-Lotharingie ».

Nous verrons par la suite qu'il en fut réellement ainsi [1].

Quoique Ruotger ne fasse aucune mention de l'événement, il n'en est pas moins intéressant de faire observer que Flodoard, lui, expose la situation par le menu.

2. Les ducs de Basse-Lotharingie.

A. *Godefroi Ier (d'Avelgovie) (953) et son fils Godefroi II, † 964.*

L'état des choses dans le Nord n'était guère plus édifiant que les circonstances qui précédèrent la nomination de Frédéric dans la Haute-Lotharingie.

Regnier II de Hainaut avait fait élever au siège épiscopal de Liége, ainsi qu'à d'autres dignités ecclésiastiques, des personnes qu'il comptait pouvoir aisément plier à ses volontés.

Il s'appropria dans la suite les biens de plusieurs monastères, etc., Ce n'est qu'en 957, comme nous l'avons vu plus haut, que Brunon sut faire rentrer dans l'obéissance ce vassal parjure.

De ces faits, il est aisé d'inférer, ce nous semble, que Brunon, pour administrer la Basse-Lotharingie, devait se mettre en mesure de nommer un représentant de son autorité, un duc qui gouvernerait en son nom. C'est ce qui arriva, en effet, et cette nomination précéda celle de Frédéric de Bar, comme nous le verrons plus loin.

Ni l'une ni l'autre n'eurent l'honneur de fixer l'attention de tous les historiens. Est-ce de propos délibéré que d'aucuns passent le fait sous silence, ou, le jugeant trop insignifiant, ne songèrent-ils même pas à en perpétuer le souvenir? N'importe. Il nous suffit de constater que des chroniqueurs autorisés, tels que Ruotger et Albert, le moine de Saint-Maximien à Trèves

[1] Il serait fastidieux de revenir sur l'acte concédant des privilèges à l'abbaye de Saint-Arnould (*Actum Metis*), document dont la signature prouverait que Frédéric aurait déjà porté le titre de « duc » l'an 950. L'authenticité de cet acte est sujette à caution. Voir Calmet, *Histoire de Lorraine*, I, Preuves, 357.

(le continuateur de Réginon), qui s'occupa spécialement de l'histoire des annnées 906 à 987, [1] ne disent rien à cet égard.

Tous deux font apparaître brusquement, sans commentaire aucun, un personnage qu'ils désignent sous le nom de *Godefridus dux Lothariensis.*

Ces historiens racontent (ce qui est généralement connu) qu'un certain *Godefridus* ou *Golfridus* fut envoyé par l'archevêque Brunon en Italie, où il mourut victime de la peste en 964 [2].

Pas un seul mot concernant la vie de Godefroi, son origine, sa nomination.

Albert se borne à rappeler que Godefroi était originaire de la Lotharingie.

Ruotger relate seulement que Godefroi fut élevé sous les yeux de Brunon (*ipse nutrivit*).

Ce dernier n'avait que trente ans lorsqu'il accepta, en 953, la direction de l'archevêché et le titre de duc de Lotharingie. Son disciple ne pouvait compter qu'un petit nombre d'années de moins, comme nous allons le voir ci.

Brunon avait à peine accompli sa quinzième année lorsqu'il quitta l'école d'Utrecht, ayant été appelé à la Cour, où il se trouva peu de temps après à la tête de la chancellerie. Puis il fonda une école fréquentée bientôt par un nombre limité d'adolescents, qui s'y appliquaient à l'étude des sciences politiques [3].

Voilà tout ce qui est connu à ce sujet.

Il faudra donc aborder d'une autre manière la question de l'origine de Godefroi.

Dans un document colonais du 31 octobre 953, *Godefridus dux* figure comme témoin; il signe l'acte faisant foi d'un échange que l'abbé de Stavelot et un certain comte Warnier opèrent légalement entre eux de quelques-uns de leurs domaines respectifs [4].

Des discussions se sont élevées au sujet de ce document. D'une part on

[1] *Monum. germ. hist.*, SS., I, 627, a° 964.

[2] *Ibid.*, et SS., IV, 270, v. c. 41 et *Añal. Sax. Ibid.*, SS., VI, 617, v. 62. Voir aussi les remarquables articles *s. v. Godefroi de L.* de M. A. Wauters, dans la *Biographie nationale.*

[3] Peiffer, *Histor.-kritische Beiträge zur Geschichte Bruns*, pp. 26 et 34.

[4] Martene et Durand, *Ampliss. Collectio*, II, 47.

a avancé que l'acte tout entier était l'œuvre d'un faussaire [1], attendu 1° que la signature de Brunon manque, et 2° que celle de Godefroi diffère des signatures habituelles de ce prince.

D'autre part, on a prétendu voir dans les chiffres des millésimes un *lapsus calami*, et soutenu qu'en conséquence il fallait lire 963 (IƆCCCCLXIII) au lieu de 953 (IƆCCCCLIII).

On alléguait qu'en 953 il n'y avait pas encore de duc Godefroi en Lotharingie (pays dont Cologne faisait partie).

Quant au comte Sigfried de Luxembourg, à cause duquel on avait, comme mesure défensive, procédé à l'échange des biens précités, il était devenu acquéreur du château fort de Luxembourg [2] en 963 seulement.

Les preuves à l'appui de ces deux hypothèses font évidemment défaut, mais il s'agit de prouver que le document incriminé, loin d'être faux, est en parfaite concordance avec certains faits que nous allons rappeler.

Frédéric avait été nommé duc de Haute-Lotharingie en 959. Rien n'empêche de présumer que déjà une nomination semblable avait été faite pour la région située au nord de la Moselle, et ce, l'an 953, en la personne d'un duc appelé Godefroi.

La chronique de Prudence de Troyes affirme qu'à une époque antérieure à 864, il existait des duchés francs [3] au nord et au sud de la Moselle. Brunon fut appelé à les gouverner, précisément au moment où les deux ducs chargés de les administrer avaient cessé de vivre.

Après le règne de Brunon nous trouvons un duc de la Haute-Lotharingie, plus un duc de la Basse-Lotharingie. Et un écrivain du XIV[e] siècle, cité plus haut [4], atteste « que l'on connaît depuis des temps immémoriaux deux duchés de Lotharingie ».

Les historiens du temps ne font pas la plus légère allusion à une sépara-

[1] Ern. Meyer, *De Brunone quaestiones* VII. Berlin, 1867, p. 33.
[2] S. P. Ernst, *Histoire du Limbourg*, I, 393, note.
[3] *Monum.*, I, 435.
[4] *Gesta abb. Trud. Contin. tert.-auct. Monum.*, X, 387.

tion proprement dite, effectuée par Brunon. Il s'ensuit que l'élection des deux ducs doit avoir eu lieu à des époques différentes.

Nous savons que certains historiens, au Xe siècle, emploient de préférence la dénomination de Lotharingie pour désigner le pays situé au nord de la Moselle, et traversée par la Meuse, ou au moins qu'ils placent là la résidence habituelle du roi de Lotharingie.

Nous avons appris en outre que le suffrage du peuple détermina le choix de Brunon lorsqu'il institua Frédéric de Bar seigneur et maître du pays qui enclavait les domaines particuliers de celui-ci.

Pourquoi le titre de duc, décerné à Godefroi dans les régions septentrionales, n'eût-il pas pu être octroyé antérieurement au temps où Frédéric obtint ce titre dans les provinces méridionales?

Rien ne porte à croire que cette supposition soit dénuée de fondement, sinon qu'en 953 (où il est censé avoir signé le diplôme de Cologne) Godefroi († 964) n'avait pas encore atteint l'âge viril, et que Brunon semble avoir été son tuteur..... Mais si le signataire de l'acte en question et Godefroi, décédé en 964, n'étaient point la même personne?.....

Pour hasardée qu'elle paraisse au premier coup d'œil, cette hypothèse n'en est pas moins exacte. Nous allons essayer de le prouver.

Il nous faut, à cet effet, fixer tout d'abord avec une scrupuleuse attention l'origine véritable de Godefroi.

Au XIe siècle, le comte de Megingoz, originaire de la Gueldre, et sa femme la comtesse Gerberge, fondèrent sur la rive droite du Rhin, aux environs de Bonn, l'abbaye de Vilich (Villich, Fillich) [1]. Leur fille Adelaïde en fut la première abbesse. Elle termina ses jours à Cologne en 1015, et, aussitôt après sa mort, une religieuse du même monastère, appelée Berthe, écrivit l'histoire de sa vie. Dans cette vie il est question de trois gentilshommes du nom de Godefroi.

Nous nous occuperons d'abord des deux seigneurs auxquels fut conféré le titre de duc.

L'un fut l'oncle, l'autre l'aïeul de l'abbesse Adelaïde.

[1] *Acta SS. Boll.*, Febr., I, 714 et suivantes. Mabillon, *Act. SS.*, VI, 138.

Examinons maintenant si ces ducs et notre duc Godefroi († 964) n'avaient de commun que le nom.

Après avoir pris connaissance du récit de Berthe, nous sommes en mesure de nous orienter d'une manière plus que satisfaisante quant à la généalogie des deux personnages.

La comtesse Gerberge, mère d'Adelaïde, était la fille d'un duc appelé Godefroi; elle avait un frère qui portait également le nom de Godefroi et le titre de duc (*dux*), « que lui avait légué son père ». « Ce frère de Gerberge, écrit la sœur Berthe, mourut à la fleur de l'âge et sans laisser d'épouse ni d'enfant ». Ce dernier détail est de la plus haute importance, vu qu'il coïncide singulièrement avec la mention que font Ruotger et Réginon-Albert d'un Godefroi décédé en pleine jeunesse, après avoir été élevé sous les yeux de Brunon. Il est fait allusion d'une façon toute spéciale à son innocence. Les deux historiens plaignent son sort, tout comme la nonne de Vilich déplore la mort du frère de Gerberge.

N'y a-t-il pas là des traits de ressemblance des plus curieux?

Cependant les chroniques ne relatent pas que Godefroi (Godefroi II?), mort en Italie (964), eût hérité du titre de son père.

Mais voilà précisément pourquoi il ne doit pas sembler extraordinaire que la nomination de Godefroi († 964) n'ait trouvé nul écho dans les chroniques de ce temps-là, puisque l'élévation de son père à la dignité de duc de Basse-Lotharingie fut, elle aussi, passée sous silence.

Il ressort de l'ensemble des faits que Brunon, archevêque de Cologne et duc de Lotharingie, une fois entré en fonctions, procéda aussitôt à la nomination d'un homme sûr, qu'il pût investir en toute confiance de l'autorité suprême et qui le remplaçât dans le duché dit pays des Ripuaires (*ducatus Ripuariorum*).

Non moins vraisemblable est-il que l'élection de Godefroi Ier, appelé à gouverner la Basse-Lotharingie ou la Lotharingie tout court, aida puissamment les plans ambitieux de Frédéric, lorsque, incité par celui-ci même, le peuple éleva la voix en faveur de sa nomination dans les régions méridionales.

On a prétendu que Godefroi († 964) ne fut investi d'aucun pouvoir sur

la Basse-Lotharingie, et que le titre de *dux*, qui lui fut décerné par Ruotger ainsi que par le *Continuator Reginonis*, n'a point d'autre signification que celle de commandeur ou chef militaire.

Mais Ruotger, dans les lignes biographiques qu'il consacre à Godefroi, à l'occasion de la mort de celui-ci (964), s'exprime en des termes qui ne laissent subsister aucun doute sur l'autorité réelle que ce prince exerça dans le pays de ses ancêtres.

« Godefroi » (Godefroi II?), écrit-il, « fut un homme sage et foncière- » ment religieux » (contrairement à d'autres vassaux de la Lotharingie, tels que Régnier II, etc.), « un homme équitable et pacifique, qui sut maintenir la justice en reconnaissant tous les droits (*observatissimus aequitatis*); il était à cette époque au service de l'empereur, selon le serment qu'il en avait fait ».

Cette façon de parler s'applique évidemment à un homme qui remplissait une charge administrative et ne saurait désigner un personnage n'ayant reçu le titre de *dux* que pour remplir une mission militaire seulement. Godefroi († 964), plus jeune de quelques années que Brunon, ne pouvait par conséquent avoir apposé sa signature sur la charte écrite à Cologne l'an 953.

Il s'agissait donc de découvrir si, d'aventure, un autre vassal de la Lotharingie, portant le titre de *dux* et le nom de Godefroi, n'aurait pu être le signataire de l'acte prérappelé. Or, nous trouvons ce dignitaire de la couronne incarné en la personne du père de Godefroi († 964) et de la comtesse Gerberge, sa sœur. Originaire du pays des Ripuaires, feudataire de la Basse-Lotharingie, il porta le titre de *Godfridus dux*.

Résumons-nous. Godefroi I[er], père de Gerberge, beau-père de Megingoz, issu d'une très noble et puissante race « nobilissimus... magnus et incomparabilis vir », un homme extraordinairement doué fut préposé par Brunon, en 953, au gouvernement de la Lotharingie, avec le titre de *dux* [1].

Son fils, appelé également Godefroi, lui succéda, ce qu'atteste le témoignage de Berthe, sa contemporaine.

[1] Voir l'acte en question dans MARTENE, *Ampl. Coll.*, II, 47.

Partant, le père, Godefroi Ier, serait mort peu d'années après avoir été promu à la dignité de duc, lorsque son fils était fort jeune encore.

Nous voici au point où se rencontrent toutes les sources auxquelles nous avons puisé [1].

Les quelques arguments qui suivent achèveront de dissiper tous les doutes à l'égard de la question qui nous occupe.

Brunon séjourna dans la contrée du Bas-Rhin pendant la majeure partie de ses années d'études. Il est permis d'en inférer qu'il donna le gouvernement du Lothier à un seigneur originaire du pays rhénan, et plus spécialement de cette partie qui appartenait encore au pays des Ripuaires. Les terres seigneuriales que possédait Megingoz étaient situées sur la rive droite du Rhin, à l'opposite de Bonn, et cette contrée fit partie de tous temps *du pays ripuaire,* bien que celui-ci s'étendît plus au nord et sur la rive occidentale du fleuve.

Nous avons eu l'occasion de démontrer plus d'une fois (surtout dans *Charlemagne et son temps* [2], ainsi que par la carte géographique jointe à l'ouvrage), que les limites des trois évêchés de Munster, d'Utrecht et de Cologne se touchaient à l'endroit précédemment désigné de l'Yssel. Certains passages de la *Vie de saint Ludger* établissent péremptoirement qu'au même endroit se confondaient les trois territoires franc, frison et saxon.

Bien que le Rhin fût indiqué comme limite de la partie méridionale de l'évêché de Munster, une bande de territoire, continuation de l'archevêché de Cologne, était resserrée entre la frontière occidentale de l'évêché de Munster et la rive droite du Rhin.

On n'a pas encore découvert comment fut dénommée cette parcelle de l'archevêché de Cologne; mais en montant un peu le long du Rhin, nous trouvons les districts (*pagi*) de Duisbourg et de Vielda, le premier situé encore aujourd'hui à quelques lieues de Dusseldorf, le second à proximité de Kaiserswerth [3].

[1] Jeantin, l'éditeur des *Chroniques de Chiny*, I, 383, croit à l'existence d'un duc de Lotharingie nommé Godefroi, au commencement du règne de Brunon.

[2] Alberdingk Thijm, *Karel de Groote en zijne eeuw*. Leuven, 1871, ou la traduction allemande.

[3] Lappenberg, *Hamburgisches Urkundenbuch*, I, 83, 85.

Un peu plus au sud, dans l'Avelgovie (*pagus* d'Avel), dont nous parlions plus haut, nous rencontrons Vilich (Villich), ou plutôt Fillich, vis-à-vis de Bonn et autres endroits faisant partie de l'archidiocèse de Cologne.

(C'est là que commence également la partie du diocèse de Trèves située sur la rive droite du Rhin et partant de la Haute-Lotharingie.)

Dans une bulle pontificale de Grégoire V, en date de l'an 996, il est dit : « Le monastère de femmes Filich est situé dans le district ou *pagus* de » l'Avel (Avelgovia), dans l'archevêché de Cologne [1] ».

Évidemment, la religieuse, sœur Berthe, écrivant à Vilich la vie de l'abbesse Adelaïde et racontant que le grand-père de celle-ci était « le duc Godefroi », n'a pu avoir en vue que le seigneur du pays qu'elle habitait et où se trouvaient tous les biens seigneuriaux de la famille de Godefroi. Ce pays n'est autre que la Basse-Lotharingie, sur laquelle le fils de ce Godefroi, deuxième du nom († 964), fut appelé à son tour à régner.

Parmi les nombreux seigneurs de haut parage et les gentilshommes du nom de Godefroi que nous rencontrons au X[e] siècle, soit en Franconie, soit en Saxe, en Ripuarie ou en Mosellanie, nous n'en trouvons pas d'autres qui se succédèrent immédiatement dans la dignité ducale, que le beau-père et le beau-frère du comte Megingoz. Berthe ne peut donc avoir voulu parler que de la succession en Lotharingie même.

Somme toute, Godefroi d'Avelgovie ou de Filich fut le vrai Godefroi qui, en 953, signa la charte de Cologne, et le premier du nom en qualité de duc de Lotharingie. Son fils, décédé en Italie en 964, est bien Godefroi II.

Un doute néanmoins pourrait naître dans l'esprit du lecteur à l'endroit où Berthe parle du fils de Megingoz et de Gerberge, qui porta, lui aussi, le nom de Godefroi.

Il est vrai qu'à l'égal de son oncle il succomba prématurément sur le champ de bataille, lors d'une expédition qu'avait entreprise l'armée impériale. C'est là l'unique point de rapprochement entre ce prince et celui qui fut enlevé par la peste en Italie. D'ailleurs, ce Godefroi ne figure nulle part en qualité de duc, et Berthe a soin d'ajouter que ce jeune homme perdit la vie

[1] Ledebur, *Land u. Volk der Bruckterer*, 169.

en Bohême et que sa dépouille mortelle fut transportée dans son pays natal, au prix de mille efforts.

Enfin, le nom de pays *Bajohemum* (Bohême), cité dans la biographie d'Adelaïde, pourrait-il être considéré sérieusement comme une faute de copiste, un mot écrit par erreur pour *Bajumagnum*, qui signifie Lombardie?

Cette leçon supposée permettrait, à la vérité, d'avancer qu'il est question ici du Godefroi mort en Italie... Mais ne serait-ce pas là une hypothèse toute gratuite d'un philologue fantaisiste?... Tous les autres Godefroi de (Basse-) Lotharingie appartiennent soit à d'autres lignées, soit à d'autres époques, ou n'ont même jamais porté le titre de duc.

B. *Godefroi III (Godefroi d'Ardenne ou de Verdun ou d'Eenham) dit le Captif (964 ou 976?), etc. — Godefroi IV d'Eenham dit le Pacifique (1015-1023).*

Après la mort de Godefroi II (964) et postérieurement à l'époque où les Carolingiens furent appelés au pouvoir dans la Basse-Lotharingie, une autre famille que celle de Godefroi d'Avelgovie ceignit la couronne ducale.

Les descendants de Megingoz et de Gerberge disparaissent totalement de la vie publique et échappent par conséquent aux investigations de l'historien.

Il est généralement avéré que les historiens observent le silence le plus profond sur l'octroi de titre de *dux* au moment de la mort de Godefroi II (964).

En vérité, ne dirait-on pas qu'ils redoutent encore une fois de divulguer un secret d'État en relatant que les contrées ripuariennes obtinrent le privilège de posséder un duc à elles seules?

Ce ne fut qu'en 976, c'est-à-dire onze à douze ans après la mort de Brunon, que l'on recommença à tirer les événements au clair. Des chroniques postérieures nous apprennent qu'après la mort de Godefroi II, de 964 à 976, régna sur la Basse-Lotharingie un duc qui de nouveau portait le nom de Godefroi [1]. Il est censé être le fils du duc Godefroi, mort en Italie, lequel, d'après quelques auteurs, aurait eu quatre fils et une fille; mais les

[1] BUTKENS, *Trophées de Brabant*, I, 8, et les historiens qui l'ont suivi les yeux fermés.

sources les plus autorisées sur cette matière ne confirment point cette opinion, ainsi que nous l'avons vu plus haut [1].

L'archevêque Brunon doit naturellement avoir donné un successeur à Godefroi II (†964). Or, Brunon mourut en 965.

Et de ce nouveau duc, qu'advint-il?

Sut-il se maintenir au pouvoir?

Non. Nous verrons tout à l'heure pour quel motif.

Les fils du comte Régnier II de Hainaut, Régnier et Lambert, expulsés du pays, s'étaient alliés à Charles de France, frère du roi Lothaire, ainsi qu'à d'autres gentilshommes français, afin de récupérer le fief dont leur père avait été feudataire.

En attendant [2], le Hainaut échut en partage à Godefroi de Verdun et à Arnould de Cambrai, sous les auspices du jeune empereur Otton II.

On sait par la chronique de Cambrai [3] que Charles de France et ses alliés parvinrent à reconquérir une grande partie du pays dont ils chassèrent Godefroi appelé le Captif. Godefroi s'enferma alors dans le château fort de Mons, où, en dépit de sa première défaite, il sut se maintenir jusqu'en 998 [4].

Ce Godefroi avait obtenu le titre de duc de Lotharingie, après s'être solennellement engagé à défendre les intérêts de l'empereur Otton II contre le roi de France.

Nous essayerons de prouver que ledit Godefroi III (le Captif) avait été élevé à la dignité de duc longtemps avant ces événements, et que, lorsqu'il dut mettre bas les armes devant Charles de France, on le dédommagea en lui donnant le Hainaut. Nous aurions par là même soulevé un coin du voile, qui, aux yeux de quelques écrivains (et pour autant qu'il s'agisse de la succession dans le Lothier), recouvre le laps de temps écoulé entre les années 964 et 976. Nous verrons aussi que Godefroi (le Captif), comte de Verdun, fut

[1] Voir les articles précités de M. A. Wauters dans la *Biographie nationale, s. v. Godefroi.*

[2] Après l'exil du comte Régnier, l'archevêque avait fait d'abord choix pour le comté de Hainaut de Richar, gentilhomme inconnu, auquel succédèrent deux seigneurs de notoriété moindre encore, Garnier ou Warner et Renaud ou Rainald, et enfin Arnulphe ou Arnould et Godefroi de Verdun. *Gesta epp. Cam.*, I, 95. *Monum.*, VII, 439.

[3] *Ibid.*, p. 96.

[4] Alberici *Chronicon. Monum.*, XXIII, a° 998, p. 777.

le successeur de Godefroi II († 964), sans être un descendant ni direct ni indirect de ce dernier.

De même que pour les prédécesseurs de Godefroi (le Captif), qu'il faut appeler Godefroi III, le berceau des ancêtres de celui-ci se trouvait en Basse-Lotharingie. Toutefois son bien n'était pas situé auprès du Rhin, dans le diocèse de Cologne, mais au nord-ouest du pays, à savoir aux bords de l'Escaut, près d'Audenarde, dans le diocèse de Cambrai [1].

C'était le château d'Eenham (Eename) qui fut déjà en l'an mil un centre de commerce et d'industrie.

S'il était encore nécessaire de citer des preuves à l'appui de ce que nous venons d'avancer, nous en appellerions aux Annales saxonnes ainsi qu'au moine d'Afflighem [2], dans les appendices de Sigebert de Gembloux.

D'ailleurs il est reconnu qu'un gentilhomme du nom de Godefroi fut mis en possession, en 1013, par l'empereur Henri II, du duché de Lotharingie-Brabant. Sigebert de Gembloux dit qu'il est le fils de Godefroi d'Ardenne [3] dont la généalogie est connue.

Godefroi d'Ardenne avait épousé une dame noble de race saxonne, appelée Mathilde, dont il eut cinq fils : Godefroi (investi de l'autorité ducale en 1013), dont nous venons de parler et quatrième du nom ; Gothelon, successeur de celui-ci ; Adalbéron, promu, en 984 environ, à l'évêché de Verdun, et enfin les comtes Herman et Frédéric [4].

L'examen attentif de la situation établit que Godefroi d'Ardenne, Godefroi le Captif, Godefroi d'Eenham et Godefroi III de Lotharingie ne sont qu'une seule et même personne.

Le moine d'Afflighem l'intitule *duc*, et Wippo, historien du roi Conrad II, l'appelle *duc des Ripuaires,* c'est-à-dire de Basse-Lotharingie [5].

[1] « Erat enim suum praedium, suisque usibus opportunum. » *Chron. Cam.*, II, c. 45, *Monum.*, VII, 443. Cf. la note 3 de la page suivante.

[2] *Monum.*, VI, 399, a. a. 1033.

[3] *Ib.*, VI, 354, a. a. 1005.

[4] On cite encore une fille nommée Irmingarde. Voir Ernst, *l. l.*, p. 76.

[5] *Monum.*, XI, 257. Si Godefroi était duc des Ripuaires et que son château de famille se trouvait à Eename, le pays des Ripuaires s'étendait jusqu'aux bords de l'Escaut. Un duc n'habite pas un château hors de son duché.

« L'annaliste saxon »[1] lui décerne de même le titre de *duc* et de *duc d'Eenham*, du nom des biens allodiaux de Godefroi. Nous avons vu qu'il en avait été ainsi pour Frédéric, duc de Haute-Lotharingie, à telles enseignes qu'il est appelé Frédéric de Bar par les chroniqueurs de l'époque[2]. Par conséquent, Godefroi d'Ardenne, Godefroi le Captif n'a pu régner sur la Basse-Lotharingie que de 964 à 976, puisqu'en cette année Charles de France fut investi de la dignité ducale.

Nous apprenons par la chronique de Cambrai que l'empereur Otton II s'efforça d'installer un prince carolingien en Lotharingie, contrée voisine du pays que gouvernait son antagoniste Lothaire, roi de France, ce prince fût-il même le propre frère du roi.

Celui-ci, Charles de France, pouvait de cette façon « assouvir à l'aise sa propre haine personnelle, en même temps qu'être un instrument facile dans la main d'Otton », ajoute ouvertement la chronique de Cambrai.

Godefroi survécut longtemps encore à cet événement et, selon toute apparence, il ne se dépouilla de ses dignités qu'en vue de plaire à l'empereur et parce que de graves intérêts politiques étaient en jeu.

C'était, aux yeux du roi de France, Godefroi de Verdun ou d'Ardenne, duc de Lotharingie, qui lui avait de seconde main suscité des différends. Il rendit d'importants services à l'empereur Otton II pendant le siège de Paris en 978[3].

Lorsque, en 984, Lothaire se sentit assez fort pour entreprendre une campagne, il déclara vouloir être réintégré dans le duché de Lotharingie et vint à cet effet assiéger Verdun, occupé par le véritable chef du parti germanique, le comte Godefroi.

On connaît le résultat de ce siège. Après une lutte acharnée, Godefroi fut fait prisonnier et ne recouvra la liberté que trois ans plus tard (987), à l'avènement de Hugues Capet au trône de France.

[1] *Monum.*, VI, 648 et 681, a. a. 1002 et 1037.

[2] Dans un tableau généalogique des comtes de Flandre, dans l'histoire des comtes de Verdun, dans une épitaphe de Godefroi (le Captif), « époux de Mathilde », Godefroi est partout appelé *duc*; et néanmoins l'on a absolument rejeté tous ces témoignages !

Cf. Ernst, *Mémoires sur les comtes de Hainaut, etc.*, pp. 66 et suivantes.

[3] *Gesta epp. Cam. Monum.*, VII, 443.

Par tout ce que nous venons de voir, il est aisé d'expliquer les invasions réitérées de Charles de France dans le comté de Hainaut.

Charles voyait le duc Godefroi de mauvais œil. Il soupçonnait avec raison un ennemi en celui qui avait dû se désister en sa faveur du gouvernement de la Lotharingie, bien qu'on l'eût investi d'un autre fief pour compenser cette perte [1].

Nous venons de dire que Godefroi III, Godefroi le Captif, comte d'Ardenne ou de Verdun, posséda la ville de Mons jusqu'en 998. Elle lui fut enlevée en cette année et demeura jusqu'en 1013 au pouvoir de Régnier III [2].

Godefroi III (le Captif) se retira dès 987 dans sa terre seigneuriale d'Eenham. Il y fonda un monastère, où il termina ses jours.

Constatons encore que la *Chronique des Ardennes* corrobore les faits mentionnés ci-dessus.

Jeantin publia en 1851 les *Chroniques de l'Ardenne et des Woëpvres,* qui furent rééditées plus tard sous le titre d'*Histoire du comté de Chiny et des pays haut-wallons.*

Cette chronique prouve que le père de Godefroi (le Captif), comte de Verdun, époux de Mathilde, était le fils d'un comte de Verdun du même nom.

Ce comte, connu sous le nom diminutif de Gothelon, avait épousé Voda ou Uda [3]; son père, le premier comte de Verdun dont la tradition évoque le souvenir, s'appelait Wigeric ou Ricuin. Il était maire du palais de Charles le Simple; sa femme se nommait Cunégonde [4].

Jeantin démontre que *Wigeric* est le même nom que *Ricuinus, Ricuin, Ricwyn,* et toutes les preuves sont tirées de diplômes de l'époque [5].

Le moine d'Ardes qui, au XIIe siècle, colligea de nombreux détails généalogiques sur des familles nobles de son temps, atteste que de l'union

[1] *Monum.*, VII, 439.

[2] *Chron. Alberici, Monum.*, XXIII, p. 777.

[3] Cf. Ernst, *Diss. hist. et crit. sur la maison royale d'Ardenne*, publiée par P.-F.-X. de Ram. Bruxelles, 1858. (Bull. de la Comm. d'hist. de l'Acad. roy. de Belgique, n° 2, p. 48.)

[4] Ernst, pp. 6, 37, § IX.

[5] Jeantin, *Les chroniques, etc.*, I, pp. 64 et suivantes; IX, pp. 81 et suivantes. *Hist. du comté de Chiny*, I, IV, pp. 194 et suivantes, surtout cf. I, p. 168.

de Ricuin avec Cunégonde sortit Sigefroi de Luxembourg. Celui-ci était l'oncle de Godefroi le Captif et par conséquent le frère de Godefroi (Gothelon) d'Ardenne.

Ricuin fut aussi le père de l'évêque Adalbéron Ier de Metz [1], et de Frédéric, duc de Haute-Lotharingie, que nous connaissons.

Comme Ricuin se maria plusieurs fois, l'on n'a pu se mettre d'accord sur la véritable mère de ses fils.

Jeantin en arrive à la conclusion suivante :

1° Les historiens n'ont tenu aucun compte apparemment de l'union conjugale de Gothelon et de Voda ;

2° Godefroi (le Captif), époux de Mathilde, eut, entre autres enfants, deux fils. L'aîné, appelé Godefroi IV, fut le successeur d'Otton, fils de Charles de France, au gouvernement du duché de Lotharingie [2]. Le cadet, nommé Gothelon, succéda à son tour à son frère aîné.

Ceci confirme ce qui a été dit plus haut, puisque Otton remplaça son père, Charles de France [3], en Lotharingie probablement aussitôt après que celui-ci eut été fait prisonnier par l'évêque de Laon (991) [4].

Godefroi IV était déjà comte de Verdun lorsque ses parents se retirèrent au château d'Eenham.

Enfin il n'y a plus à douter que Gothelon, comte de Verdun, père de Godefroi III, grand-père de Godefroi IV, ne soit le même Godefroi, comte de Verdun, dont la mémoire est tombée dans l'oubli, et qui signa, en 962 environ, l'acte de fondation de l'abbaye de Saint-Vith, instituée par Béranger, évêque de Verdun [5].

[1] Calmet, *Hist. de Lorraine,* 1728, I, Preuves, 359.

[2] Sigebert, a. a. 1005. D'autres donnent l'an 1012 : « Baldericus haec, suadente Gerardo ep. cam. itaque post a° 1012 acta tradit. »

[3] *Jahrbücher des Deutschen Reiches,* II, b. p. 168. Richer fait un récit très détaillé et fort pittoresque de l'emprisonnement de Charles de France, après un repas pris avec l'archevêque de Reims et l'évêque de Laon.

Richer, *Hist.*, IV, chap. XLVII et suivants. *Monum. germ. hist.* (Pertz), SS., III, pp. 641 et suivantes. — Pour la date de cet événement, voir R. Wilmans, *Otto III.*, dans la collection *Jahrbücher* citée plus haut.

[4] Gfrörer, *Gregor VII.*, V, 556.

[5] D'Achéry, *Specilegium*, XII, 262.

Voilà de quelle manière l'arbre généalogique des Godefroi de Verdun et de Lotharingie peut être dressé jusqu'au XI[e] siècle.

Pour plus de clarté, nous avons ajouté à notre notice un tableau chronologique et généalogique des ducs de Lotharingie dont il a été question dans cette étude.

III.

Chronologie et généalogie des ducs de Basse-Lotharingie.

I. —	**Godefroi d'Avelgovie (I)**	953
II. —	**Godefroi d'Avelgovie (fils) (II)**	† 964
III. —	**Godefroi de Verdun, d'Ardenne (le Captif), d'Eenham (III)**	964 (-976?
IV. —	**Charles de France**	991
V. —	**Otton (de France)**	† 1012
VI. —	**Godefroi d'Eenham (le Pacifique) (IV)**	1013-1023
VII. —	**Gothelon**	1023-1044

DUCS DE BASSE-LOTHARINGIE (RIPUARIE).

Godefroi (I) épouse...
Descendants : Gerberge et Godefroi II († 964).

Gerberge épouse le comte Megingoz de Gueldre.
Descendants : Adelaïde (abbesse de Villich) et Godefroi † en Bohême.

COMTES DE VERDUN.

Wigeric ou Ricuin épouse Cunégonde, etc.
Descendants : Sigefroi de Luxembourg et Godefroi (Gothelon).
Adalbéron I[er], évêque de Metz.
Frédéric de Bar, duc de Haute-Lotharingie.

Gothelon épouse Voda.
Descendant : Godefroi (le Captif), duc d'Eenham (voir ci-dessus).

Godefroi épouse Mathilde.
Descendants : Godefroi (IV) d'Eenham, Gothelon, Adalbéron, évêque de Verdun, Herman, Frédéric.

Supplément I.

Du titre de duc avant et pendant le Xe siècle.

Brunon l'a-t-il porté?

§ 1.

Après que Leibnitz eut publié son ouvrage : *Meditationes de initiis ducatus Saxoniæ et aliorum imperii Germaniæ ducatuum origine,* on accepta généralement que l'origine des duchés germaniques était basée sur l'hérédité des fonctions des *missi dominici.* Mais Stenzel [1] prêta aux ducs un caractère simplement militaire. Ni l'une ni l'autre opinion cependant ne peut prévaloir à nos yeux. Stenzel lui-même accepte, Leo [2] et plus tard G. Waitz [3] ont prouvé que du temps des premiers rois carolingiens déjà, le mot *duc* cessa d'avoir la signification de chef militaire revêtu d'un pouvoir administratif pour redevenir un simple titre de chef militaire octroyé aux comtes. Néanmoins, le nom de *duché* ne se perdit pas tout à fait, et sous Louis le Débonnaire il s'opéra un revirement partiel; on nomma des *duces,* auxquels l'on conféra l'autorité administrative sur un pays. Car dans le cinquième livre des Capitulaires du roi Louis, il est question d'un « duc, gouvernant une province » [4]. Nous trouvons également sous Charles le Chauve des ducs investis du pouvoir sur certaines contrées [5] (*duces Wasconum*). Plus claire est l'expression de Réginon (867), nommant un certain Ramnulfus *duc Aquitaniæ* [6].

D'autre part, dans les *Annales de saint Bertin,* un grand nombre de duchés sont énumérés en 839 [7], tels que la Lotharingie mosellane ou Mosellanie, la Lotharingie ripuaire ou Ripuarie, l'Alsace, la Souabe, la Franconie orientale, la Frise, etc., et plusieurs d'entre ces contrées sont désignées sous

[1] *De ducum germanorum post tempora Caroli magni origine et progressu,* 1816.

[2] *Von der Entstehung der deutschen Herzogsämter nach Karl dem Grossen,* 1827.

[3] *Jahrbücher des D. Reiches. König Heinrich* I.; Excurs., I, p. 125.

[4] « Dux, qui provinciam regit », c. 367. *Monum.,* Legg. I, p. 256. — *Id.,* Lex Baj., titre II, c. 8.

[5] *Monum.,* II, p. 624, n° 3.

[6] *Ib.,* I, 573.

[7] P. II, *auct. Prud. Monum.,* I, 435.

le nom de duchés dans le traité de Verdun, sans qu'il en résulte que tous ces districts aient été gouvernés par des chefs ayant reçu des pouvoirs spéciaux. Il est notoire qu'au Xe siècle on reprit l'habitude de nommer des ducs ou gouverneurs, revêtus d'un pouvoir administratif, présidant aux bans et arrière-bans, surveillant les feudataires de la couronne et, de plus, investis du commandement d'une armée. Le rétablissement de cet usage prouve qu'il fallut, à ce moment-là, obtempérer à une nécessité impérieuse.

Ce fut spécialement aux comtes gouvernant plus d'un comté que ce titre échut en partage. Nombre d'exemples en fournissent la preuve [1].

Plusieurs marcgraves institués par Charlemagne pour gouverner les provinces frontières furent élevés plus tard au rang de ducs; par exemple, le duc Ernest de Bavière [2], Thakolf [3], Poppo [4], etc.

Les marcgraviats de Neustrie, la Flandre, par exemple, furent dans le même sens appelés *ducatus*. On avait coutume de dire, en parlant des dignitaires qui en étaient investis : *Dux ducatum tenebat*, ou *Dux marcam tenebat* [5].

Les marcgraves, qui jouissaient de nombreuses prérogatives, acquirent dans la suite, on le sait, une puissance si considérable, que les chroniqueurs contemporains considèrent la dissolution de l'État par les marcgraves comme imminente [6].

D'autre part, il est généralement connu que l'autorité des ducs variait d'après les contrées qu'ils administraient [7], et, de plus, il est certain qu'avant le XIIIe siècle surgissent même des ducs dont l'autorité gouvernementale ou administrative est parfois problématique, comme leur nom ne se présente qu'avec le titre de *dux* tout court. En voici quelques exemples.

[1] Cf. Theganus, *Vita Ludovici*, c. 30. *Monum.*, II, 597. *Annales Bertiniani*, P. II, a° 843. *Ib.*, I, p. 439. *Fragm. chron. Font. Monum.*, II, 302. *Ann. Fuld.*, a° 845. *Chron. Aquit.*, a° 841. *Ann. Vedast*, a° 878, etc.

[2] *Ann. Fuld.* (*Monum.*, I, 366, 370, etc.), 849, 857.

[3] *L. l.*

[4] *L. l.*, a° 880, p. 393.

[5] Regino, *Chron.*, 860, 861, 867, 887. *Monum.*, I, pp. 570-596.

[6] Odo de Cluny, dans la *Vie de Saint-Gérald*, chap. XXXII, chez Stenzel, *Kriegsverfassung*, p. 34, n° 3.

[7] Cf. Waitz, *l. l.*, p. 126. Ernst, *Hist. du Limbourg*, I, 375, etc.

En 987, nous rencontrons : « Henricus, Cuno et Theodericus duces »[1]; en 1042, « Henricus dux »[2]; en 1056, nous trouvons « comes Fredericus dux »[3]; en 1086, un « Godefridus dux »[4]. Dans un diplôme de l'an 1114 apparaissent les noms d'un certain *Bertholdus* et de Lutherius qui ne portent d'autre titre que celui de *dux*[5]. En 1117, nous trouvons encore un duc Godefroi[6], sans indication de duché. Cependant il est probable qu'il s'agit ici de Godefroi le Barbu, duc de Lotharingie. Rappelons-nous, par exemple, que du temps d'Otton Ier, Conrad de Lotharingie fut toujours désigné par le roi, dans les diplômes lotharingiens, sous le titre de *dux* sans aucune adjonction[7]. En 1122, nous voyons un *Cunradus dux* tout court, après que Godefroi le Barbu a signé « Godefridus dux Lovaniensis[8] ». Ailleurs, nous trouvons que le duc, aussitôt qu'il y en a plus d'un représentant un duché, ajoute le nom de son duché à son titre[9] et ainsi de suite.

§ 2.

Pour ce qui concerne plus spécialement la Lotharingie, il existe des données permettant de conclure que déjà du temps du roi Zwentibold (900), elle fut administrée par un chef portant le titre de *duc*, et que ce duc se nommait Megingaud[10]. Quelques années après la mort du roi Zwenttibold, nous trouvons un Gebehard, duc, issu d'une puissante famille de Franconie, qui, selon toute probabilité, porta, par la grâce de Louis l'Enfant, le titre de *duc de Lotharingie*[11].

[1] Lacomblet, *Urkundenbuch des Niederrheins*, I, n° 122.
[2] *Ib.*, *l. l.*, n° 178.
[3] *Ib.*, I, n° 191.
[4] *Ib.*, n° 239. Godefroi de Bouillon n'acquit le titre de *duc de Lotharingie* qu'en 1039.
[5] *Ib.*, I, n° 276.
[6] *Ib.*, n° 285.
[7] Beyer, *l. l.*, passim.
[8] *Ib.*, n° 294.
[9] Lacomblet., *l. l.*, I, n° 543, a° 1194, p. 379; n° 547, a° 1195, p. 381.
[10] Cf. Brabant, *Étude sur Regnier au long Col*, p. 37, n° 41. (Mém. cour. de l'Acad. de Bruxelles, t. XXXI, in-8°, 1881.) Cf. Ernst, *Bulletin de la Commission d'histoire*, 2e série, t. IX, p. 423. Ces auteurs s'associent à Sigehard, l'auteur des *Miracles de Saint-Maximien*. (Migne, *Patr. lat.*, T. 133, col. 969.)
[11] Brabant, *l. l.*, p. 57, n° 69. Wittich, *Entstehung des Herzogthums Lotharingen*, pp. 64 et suivantes, estime que ce titre regarde surtout la Mosellanie.

A la mort de Gebehard (910), Regnier au long Col, comte en Hesbaie, reçoit le titre de *missus dominicus*[1] et de *vir consularis*[2].

Les plus grands honneurs lui sont décernés par le roi de Germanie. Cela ne l'empêche nullement de faire bientôt cause commune avec le roi de France. Aussi Charles le Simple (il n'est plus guère possible d'en douter) lui accorda-t-il, vers 912, le pouvoir ducal; mais nous ne connaissons pas au juste l'étendue de ce pouvoir[3].

Chacun sait que Regnier devint dans la suite le maître absolu et indépendant de la Ripuarie, mais qu'il ne put empêcher Conrad, roi de Germanie, de soumettre la partie méridionale de la Lotharingie.

Gislebert, fils et successeur de Regnier, qui ambitionnait la royauté, vit échouer ses tentatives et se perdit. Alors Otton, comte de Verdun, reçut le titre de *duc de Lotharingie,* et plus tard, Conrad de Franconie. Celui-ci trahit à son tour son suzerain, le roi Otton.

§ 3.

Passons maintenant au titre de *duc* qu'aurait porté Brunon, titre que la plupart des chroniqueurs ne lui donnent pas. Ruotger lui-même, son biographe, appelle l'archevêque *tutor et provisor,* y ajoutant comme par plaisanterie que la nomination d'archevêque et fondé de pouvoirs de son frère Otton en Lotharingie donne pour ainsi dire (*ut ita dicam*) à Brunon le caractère d'un archiduc[4]. Il est vrai que Flodoard donne à l'archevêque le titre de

[1] Brabant, *l. l.*, p. 59.

[2] Richer, *Monum.*, III, 579 et 573 : « Ducem omnibus. » Voir Waitz, *Verfassungsgeschichte d. fr. R.*, II, 2e éd., 1883, p. 374 : « De consule sublimatur in ducem. »

[3] Cf. Waitz, *l. l.*, p. 129, n° 4.

[4] Il est inutile, ce me semble, d'examiner à nouveau si Brunon a jamais porté le titre d'*archiduc*, que lui décerne son biographe. (*Monum.*, IV, 261, c. 20.) Les historiens venant après Ruotger ont employé de temps en temps cette expression ; mais ils copiaient leur prédécesseur. La restriction « pour ainsi dire » que Ruotger ajoute à son récit de la nomination faite par le roi Otton Ier, est absolument claire. Il faut donc s'étonner que jusqu'à nos jours, des historiens aient pu faire valoir encore le titre d'*archiduc*. Nous en trouvons, après Ruotger, le plus ancien exemple dans la *Translatio Evergisli* (*Monum.*, IV, 279) : *Tutorem et archiducem*; puis chez Widukind, I, 31 : « Officium magni ducis » (*Monum.*, III, 430) et chez Sigebert (*Chron. Monum.*, VI, 350, a° 959), de beaucoup postérieurs. Depuis lors, d'anciens auteurs ont encore employé l'expression sans en rechercher l'authenticité. Parmi

duc ; mais cet historien est toujours en quête de détails superflus [1]. Aussi, de son côté, Brunon n'a-t-il jamais ajouté ce titre à sa signature.

Comme toutefois la Lotharingie était généralement appelée *duché,* il est bien certain que le personnage placé à la tête du gouvernement de cette province s'appelait implicitement *duc* au Xe siècle, et qu'il était duc aux yeux du peuple; c'est pourquoi quelques historiens, à l'exemple de Flodoard, emploient cette dénomination [2], d'autant plus que ce titre n'indiquait pas un degré d'autorité bien défini. Brunon, en signant un diplôme, accompagnait son nom du titre d'*archiepiscopus,* et débutait par les mots : « Dei gratia archiepiscopus », ou « Ecclesiarum christi famulus [3] », choisissant naturellement celui d'entre ses titres qui primait les autres. Les historiens écrivant régulièrement *archevêque* en font autant.

Ces auteurs sont entre autres Eckehard [4], *Annales Lobienses* [5], *Chron. S. Mart. Col.* [6], *Annales Col. et Brunwil.* [7], *Continuator Reginonis* [8], tous du Xe et du XIe siècle. Il paraît impossible *a priori* que le chef d'un ancien duché, au Xe siècle, ne possédât point la dignité ducale tout en étant archevêque. C'est ainsi que, par exemple, Widukind dit, en parlant de Brunon [9] : « Pontificis summi ac ducis magni... officium gerentem », et Othlon, dans la *Vie de saint Wolfgang :* « Archiepiscopum qui ducatum tenebat [10] »; le

ceux-ci nous trouvons même Juste-Lipse. (Note de M. G. Kurth) : « M. Ernst, dans son *Histoire du Limbourg,* I, 377, compare spirituellement le titre d'*archiduc* à celui d'*archirex* donné par Chifflet à Philippe II, roi d'Espagne. Observation aussi ingénieuse qu'instructive. » M. Kurth a trouvé le mot de l'énigme, me paraît-il. Il attribue l'emploi du mot *archiduc* par Ruotger au « désir animant celui-ci de faire valoir sa connaissance du grec. »

[1] Flodoard écrit : « (Bruno) cui etiam rex Otto regnum Lothariense committit. (*Monum.*, III, 953.)

[2] DUDO, *Historia Normannorum :* « Mitte legatum ad Brunonem, coloniensem archiepiscopum, fratrem tuum, Lothariensem scilicet ducem ». (*Monum.*, IV, 105, reg. 13.) — Nous négligeons les paroles de Richer (*Ib.*, III, 610) : « Veniunt omnes ex Belgica *duce Brunone* principes. »

[3] V. LACOMBLET, *l. l.*, I, nos 104 et suivants.

[4] *Casus S. Galli.* (*Monum.*, II, 146.)

[5] *Monum.*, II, 211.

[6] *Ib.*, II, 214.

[7] *Ib.*, I, 98.

[8] *Ib.*, pp. 622 et suivantes, 627 et suivantes.

[9] *Ib.*, III, c. 31, p. 430.

[10] *Ib.*, IV, 529. « Ducatum tenuit Lutringensem. »

premier était un contemporain de Brunon ; le dernier, un chroniqueur du milieu du XI[e] siècle.

Le continuateur de Réginon définit le plus clairement le pouvoir de Brunon. Il dit [1] : A la mort de l'archevêque de Cologne, Wicfrid ou Wigfrid, « Brun, frater regis, succedens, totius Lothariensis regni ducatum et regimen, cum episcopatu suscepit » (il prit en main le gouvernement ducal et l'administration de tout le royaume [regni] de Lotharingie). A la mort de Brunon (qu'il n'a jamais appelé *duc*), l'historien rappelle le pouvoir ducal de l'archevêque disant : « Vir ducatu pariter et episcopatu dignissimus » (un homme aussi digne de l'évêché que du duché) [2].

Aussi voyons-nous Brunon prendre des mesures qui ne sont pas du domaine d'un prince de l'Église, mais inhérentes au pouvoir séculier, à la qualité de duc.

L'archevêque Brunon était donc le duc de deux duchés.

Enfin, quoique les diplômes n'abondent pas dans lesquels on assigne à l'archevêque le titre de duc, il en est pourtant de véridiques.

Nous voulons parler des diplômes de Stavelot, imprimés dans la collection de Ritz, *Urkundenbuch zur Geschichte des Niederrheins* [3]. On pourrait faire valoir des doutes quant à l'authenticité d'un de ces diplômes. Dans le n° 27 [4], on lit : « Brunonis archiepiscopi et ducis VIIII Idus maii, regnante Ottone rege anno X Brunone duce anno VI », de sorte que la deuxième année du règne d'Otton (946) équivaudrait à la sixième de celui de Brunon duc, alors que, chose généralement connue, l'adminis-

[1] *Monum.*, I, 622.

[2] Les *Gesta episc. Com.* (du commencement du XI[e] siècle) paraissent aller trop loin (*Monum.*, VII, 439) en parlant de *monarchia*, à propos de la dignité de Brunon. Sigebert choisit même l'expression ampoulée : « Sublimitas dominatus totius Lotharingiae ». (*Vita Deod.*, I, *Monum.*, IV, 464.) Nous n'appuyons pas non plus sur ce que la *Vita altera Brunonis* emploie l'expression « Te duce » en parlant de l'archevêque; nous la traduisons simplement par « Sous votre conduite » (*Monum.*, IV, 279). Cf. WITTE, *Das Herzogthum Lotharingen in der 2. Hälfte des X. Jahrhunderts*, pp. 12 et 13.

[3] M. G. Kurth, rapporteur de la Commission nommée pour juger le Mémoire sur les Godefroi, m'écrit, à la date du 22 octobre 1892 : « J'ai vu dans Ritz, depuis mon rapport, qu'il y a en effet trois chartes où le titre de *duc* est conféré à Brunon (pp. 39, 40, 45, 47); j'aurai donc à compléter mes observations au point de vue bibliographique et à les rectifier pour ce qui concerne le fond, où vous avez raison d'après cela. »

[4] Pages 39-40.

tration de la Lotharingie ne lui fut confiée qu'en 953. Dans le diplôme nº 31 [1], on ne trouve que ces mots : « Regnante glorioso rege Ottone anno XX cum duce Brunone et archiepiscopo » (sans millésime). Dans le troisième diplôme, nº 32 [2], on écrit : « Regnante domino Ottone rege anno XXIII, Brune vero duce anno V ».

Un quatrième diplôme du pays de Luxembourg, de l'an 963, s'exprime de la manière suivante [3] : « Bruno principatum totius regni tenebat ». Mais le roi Otton, désignant Brunon, le nomme régulièrement : *Mon frère l'archevêque* (*germanum fratrem meum et archiepiscopum* [4]). On pourrait douter de l'exactitude du copiste, puisque dans les diplômes du roi Otton II, on lit également « (Anno) Regni Ottonis regis et patris sui caesaris *principatum tenentis* », mais de l'ensemble du texte (nº 211), il résulte que l'expression : *principatum tenebat,* du commencement du diplôme, regarde l'archevêque.

En somme, nous concluons que Brunon s'est rarement servi du titre de *dux :* un roi, pour être général d'une armée étrangère, se servira-t-il de ce titre? Ou un évêque de notre époque, pour être chanoine d'un diocèse voisin, ne se servira-t-il pas moins de son titre principal?

Clôturons cette brève exposition par l'exemple d'un autre archevêque de Cologne, ayant porté également le titre de *duc,* et que les historiens n'appellent jamais de ce titre, mais auquel ils donnent celui d'*abbas,* après qu'il eut cessé d'exercer les fonctions d'archevêque. Nous voulons parler de Hugues († 887), fils de Conrad (le frère de Judith), abbé de Saint-Martin et de Saint-Columban (882), comte de Tours depuis 864, plus tard archevêque de Cologne [5], *dux* (ou *marchio*) d'Andenne, quoique quelques manuscrits nomment Andenne un *comté*, aussi bien que Tours [6]. Hincmar ne le désigne jamais sous son titre séculier seul, mais (après qu'il eut quitté le siège archi-

[1] Page 45.

[2] Page 47.

[3] Beyer, *Urkundenbuch der Mittelrheinischen Territorien,* I, nº 211, p. 271.

[4] *Ib.*, pp. 255, 260, 279.

[5] Hincmar, *Ann.* (*Monum.*, I, 465).

[6] *Ib.*, I. 473, aº 866.

épiscopal) l'appelle constamment *abbas* ou *abbas et marchio* [1], c'est-à-dire chef de plusieurs monastères ainsi que de plusieurs comtés; mais le plus fréquemment, il le nomme *abbas* [2] ainsi que *primor*. Les *Annales Vedastini* [3], ainsi que Réginon et d'autres, l'appellent également *abbas*, ce titre étant le plus important. De cet exemple, on peut déduire que les historiens donnaient de préférence aux prêtres leur titre ecclésiastique, soit qu'ils le considérassent comme le plus élevé, soit qu'ils vissent dans cette manière de s'exprimer un hommage rendu au clergé. Il n'y a donc plus de doute : quoique les chroniqueurs n'appellent point Brunon *dux (Lotharingiæ)*, mais archevêque, on lui en attribuait le titre et il en possédait le pouvoir.

Supplément II.

Note géographique concernant les limites de la Ripuarie ou Basse-Lotharingie.

Nous passons sur les détails du traité de Verdun, par lequel la première ligne de démarcation avait été tirée et qui jeta la base d'un royaume ou d'un duché de Lotharingie. Ces détails sont suffisamment connus. Nous procédons immédiatement à l'examen de ce que nous devons entendre, au Xe siècle, par les expressions *Basse-Lotharingie*, *Ripuarie*, *Brabant*, sans avoir la prétention d'épuiser ici le sujet.

L'historien Prudence de Troyes, qui continua les Annales de saint Bertin et dont le récit s'étend de 836 à 861, nous fournit les données les plus précieuses sur cet objet de nos recherches. C'est, au reste, un guide qui mérite toute confiance.

Sans doute, il était en relations directes avec la cour carolingienne ; certainement tout ce qu'il écrivait passait sous les yeux du roi, auquel il devait se garder de déplaire; mais, d'autre part, il y a dans ce contrôle même une garantie de l'exactitude des renseignements de l'historien sur la *géographie* et la population des pays où il vécut. Au surplus, en sa qualité d'Espagnol, il semble avoir conservé une certaine indépendance vis-à-vis des Carolingiens, et il s'exprime plus librement que les Annalistes, obligés, du temps

[1] Hincmar, *Ann.* (*Monum.*, I, 500 et 506).
[2] *Ib.*, I, 510, 512.
[3] *Ib.*, 517 et suivantes.

de Charlemagne, à écrire par ordre dans leurs cloîtres ou leurs palais épiscopaux, l'histoire des faits contemporains [1].

En 839 [2], dit-il, au partage du royaume par Louis le Débonnaire, le duché de Ripuarie (*ducatus Ripuariorum*) et le duché de Mosellanie (*ducatus Mosellicorum*) furent départis à Lothaire.

Pour mieux comprendre ce que Prudence entend par *Ripuarie,* il nous faut ouvrir la chronique de Fulde [3]. Celle-ci doit être rangée dans la série des annales semi-officielles du royaume. Elle en a tous les mérites en même temps que tous les défauts. Les *Annales* racontent que, l'an 881, les Normands firent d'affreux ravages dans tout le pays qui s'étend de Cambrai à Maestricht, l'*Haspengau ;* ils pillèrent la Ripuarie (*totam Ripuariam*), particulièrement « les abbayes de Prum, Inda (Corneli-Munster, près d'Aix-la-Chapelle), Stavelot et Malmédy, puis les palais d'Aix, Cologne et Bonn ».

Hincmar, décrivant le partage du royaume en 870, indique cinq comtés dans la Ripuarie, qui ne peuvent être que ceux de Cologne [4], Juliers, Tolbiac (c'est-à-dire Zulpich), Bonn et le territoire de l'Eifel. Il faut y ajouter une partie du territoire — y compris le *pagus Ruhrgovia* [5] — situé sur la rive droite du Rhin. Styrum, Merbede et d'autres endroits peu importants sont cités comme ayant appartenu au pays des Ripuaires [6], avec l'Avelgovie (*pagus* d'Avel), vis-à-vis de Bonn, non loin des rivières la Sieg et la Wied.

Consultons encore la chronique de Réginon, autre historien du IXe siècle.

Il en résulte, selon nous, que les montagnes de l'Eifel séparaient la Ripuarie du pays de Moselle, appelé plus tard Lotharingie supérieure.

Le récit de la guerre du roi Arnulphe contre les Normands nous parle des hésitations [7] que ce monarque éprouva au début de cette campagne. Il

[1] L'existence d'historiographes officiels ne peut être révoquée en doute, grâce au progrès des sciences historiques; c'est ce que nous croyons avoir péremptoirement démontré dans notre *Vie de Charlemagne*. P. Alberdingk Thijm, *Karel de Groote,* ou bien la traduction allemande, passim 1866.

[2] *Monum*. I, 394.

[3] *Ib*.

[4] *Ib*., I, 488, n° 78.

[5] Lacomblet, *Urkundenbuch des Niederrheins,* I, 31, 36, 37, etc.

[6] Lacomblet et Ledebur, *Land u. Volk der Brukterer,* 158.

[7] *Monum*. I, 602.

ne savait d'abord si, arrivant du nord-ouest, il ferait mieux de se diriger vers Cologne, en traversant le pays des Ripuaires, ou s'il lui fallait plutôt prendre la route de Trèves, en passant par Prum: bref, s'il longerait les montagnes de l'Eifel au sud ou au nord.

L'abbaye de Prum formait l'étape principale de la route qui menait de la Ripuarie à Trèves, c'est-à-dire vers le pays de Moselle ou la Haute-Lotharingie.

Nithard (à l'exemple de Prudence [1]) nous apprend que l'on devait encore considérer comme appartenant à la Ripuarie le pays ou *pagus* de Moil ou Moul [2] (Moilgouw), situé entre Juliers et la Meuse, le pays (*pagus*) de la Meuse (inférieure), Maasgouw [3], Batua et Hamalant [4]. Dans ces deux dernières provinces, le droit ripuarien était en vigueur [5], sauf dans certaines parties du *pagus* d'Hamalant. Dans le *pagus Sallant*, par exemple, souvent considéré comme la partie septentrionale de l'Hamalant, prévalait le droit saxon [6]. Réginon, parlant des frontières de la Ripuarie, indique encore comme telles la rive droite de la Meuse et Bonn [7].

Racontant l'histoire des Normands, il dit que, l'an 892 [8], ceux-ci, « restés à bord des navires, entrèrent dans la Meuse, pénétrèrent en Ripuarie et se dirigèrent vers Bonn ».

Remarquons enfin que dans les siècles suivants, les *habitants de la Ripuarie* sont fréquemment distingués des Lotharingiens. En effet, l'historien Wipo, du XIe siècle, dit dans sa *Vita Conradi* [9] :

« De l'autre côté du fleuve, les Francs, qui venaient de conquérir la rive

[1] *Monum.*, I, 431, 435; II, 635.

[2] LACOMBLET, *Urkundenbuch des Niederrheins*, I, 44, n° 81 ; 63, n° 107 ; 225, n° 335.

[3] CH. PIOT, *Mém. cour. de l'Acad.*, vol. 39, 1879. *Pag. Mosae* fait partie de la Hesbaie, p. 127, sur la frontière entre *Mosa sup.* et *Mosa inf.* VAN DEN BERGH, *l. l.*, 124. ACKER STRATINGH, *Aloude Staat*, II, 2, 168.

[4] Actuellement la province d'Overyssel, entre l'Yssel, le Rhin, la province de Drenthe et l'Allemagne.

[5] Diplôme de 855. Voir LACOMBLET, *l. l.*, I, 30 et suivantes. L. P. C. VAN DEN BERGH, *Middelned. Geographie*, 184, 210.

[6] LEDEBUR, *Land u. Volk der Brukterer*, 61, 84.

[7] *Monum.*, I, 603, au bas de la page.

[8] *Ib.*

[9] *Monum. germ. hist.* (Pertz), XI, 257.

gauche du Rhin, notamment les Ripuaires et les Lotharingiens, se réunirent pour choisir un nouveau roi. »

Si, du temps de Wipo, les Ripuaires n'étaient plus comptés parmi les Lotharingiens, le mot de *Lotharingia* doit s'appliquer ici avant tout aux contrées situées au sud de l'Eifel. Ainsi, Frédéric, duc de Lotharingie, — on n'en doute pas d'ailleurs, — ne doit pas être considéré comme un duc gouvernant le *ducatus Ripuariorum,* sur le territoire néerlandais. D'autres auteurs encore désignent la Ripuarie sous la dénomination de *Hasbania* ou *Haspenga,* qui n'en est que la partie méridionale, ou bien encore sous celle de *Brabant* (*Bratusbant, Bragbant*), qui contenait, au IXe siècle, quatre districts ou comtés ripuariens connus [1].

Au XIIe siècle, l'appellation de duché de Brabant absorbe celle de *Ripuaria* et de *Hasbania.* Un historien néerlandais de cette époque nomme le Brabant *une province de la Lotharingie* [2], pour le distinguer évidemment de la Mosellanie.

En 1169, Godefroid IX (X) porte le titre de *duc de Brabant* [3]. Ses successeurs cependant n'abandonnent pas le titre de *duc de Lotharingie* et le joignent parfois à celui de *duc de Brabant* [4].

Néanmoins on n'oublia jamais entièrement que le Brabant avait été une partie de la Lotharingie. Le continuateur de l'histoire de Saint-Trond, au XIVe siècle, écrit [5] :

« Sunt et fuerunt duces Lotharingiæ, quorum unius ducatus incipit prope Mettensem urbem... et vocatur... Mosellanorum. Reliquus ducatus Lotharingiæ est ab hac parte et est longo tempore incorporatus ducatui Brabantiæ. »

Pour les autres frontières de la Lotharingie, les clauses du traité de Verdun, que nous connaissons par les écrits de Prudence et de Nithard, furent maintenues. A partir de l'Ysselmonde, le Rhin formait la frontière

[1] HINCMAR, *Ann.* (*Monum.*, I, 489).

[2] JOCUNDUS, *Translatio St. Servatii*, c. 66 (*Monum.*, XII, p. 119). — Quelques-uns considèrent Jocundus comme un Français.

[3] LACOMBLET, *Urk. des Niederrheins*, I, 303.

[4] *Ibid.*, pp. 608, 621.

[5] *Monum.*, X, 387.

orientale. A Mayence, cette frontière franchissait le fleuve et allait rejoindre la ville de Spire, de manière que les trois évêchés de Mayence, de Worms et de Spire continuèrent à faire partie intégrante de l'héritage de Louis le Germanique [1].

L'Escaut séparait dans son cours tout entier le territoire soumis à Charles le Chauve de celui qui obéissait à Louis le Germanique [2]. Il s'ensuit que Louis se trouvait être souverain de toute la Ripuarie ou Basse-Lotharingie.

Cette séparation continua d'exister pendant le Xe siècle. Dans les parages du Haut-Escaut, la frontière rencontrait l'évêché de Cambrai et s'infléchissait au sud-est vers les sources de la Meuse.

Au XIe siècle, Rodolphe Glaber [3] écrit à ce sujet :

« La Haute-Meuse divisait les deux souverainetés. »

Toutefois, quelques localités situées sur la rive occidentale faisaient partie de la Lotharingie mosellane, par exemple Bar-le-Duc, résidence des ducs de Haute-Lotharingie.

En dépit de cela, il me semble que les *Annales* de Xanten vont trop loin en donnant à différentes reprises au roi Lothaire le titre de *Rex Ripuariorum* ou de Ripuarie. On voit bien que leur auteur habitait la Ripuarie [4].

Conclusions.

Les résultats de nos recherches peuvent donc se résumer dans les sept points suivants :

1° Ce ne fut pas, comme d'aucuns le prétendent, Brunon qui procéda à la division de la Lotharingie en deux duchés distincts;

2° Le premier duc de Basse-Lotharingie du nom de Godefroi, fut Godefroi d'Avelgovie (Godefroi Ier), nommé par Brunon en 953 ;

[1] Plus tard l'Alsace tout entière fut incorporée dans la Haute-Lotharingie. A l'époque dont nous traitons, elle était comprise dans l'Allemania. Il serait aisé de confirmer cette assertion par l'ouvrage de Schoeffler, *Alsatia illustrata*, la *Vita S. Deicoli* (Mabillon), la *Vita S. Romani* (Boll.), etc., mais notre sujet ne comporte pas cette digression.

[2] Hincmar, *Ann.* (*Monum.*, I, 489).

[3] Bouquet, *Recueil*, X, 28, A.

[4] *Monum.*, II, 230, 233.

3° Ce ne fut pas celui-ci, mais son fils Godefroi II (d'Avelgovie), qui mourut de la peste en 964;

4° Le successeur immédiat de Godefroi II, duc de Basse-Lotharingie, † 964, fut Godefroi III (Godefroi d'Ardenne ou de Verdun ou d'Eenham), dit Godefroi le Captif;

5° Ce Godefroi III dut céder le titre de duc à Charles de France;

6° Après la mort d'Otton, fils de Charles et son successeur, le titre de duc de (Basse-) Lotharingie revint à la famille de Godefroi et échut au fils de Godefroi III le Captif, à Godefroi IV, dit le Pacifique et appelé, lui aussi, Godefroi d'Eenham ou d'Eename (1012- ou 1013-1023);

7° Supplément : Brunon, archevêque de Cologne, a porté le titre de *duc* de Lotharingie.

TABLE DES MATIÈRES.

